Eine Untersuchungsreihe

über den Einfluß der

Höhenlage der Gebirge

auf die Veränderung

des

Zuwachses der Waldbäume.

Mit besonderer Berücksichtigung der Formzahlveränderungen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der Hohen staatswirthschaftlichen Fakultät der Kgl. bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Seiroku Honda
aus Tokio (Japan).

Frankfurt am Main.
J. D. Sauerländer's Verlag.
1892.

I. Einleitung.

Es ist bekannt, daß die Kenntniß des Wachsthumsganges und des Ertrages unserer Waldbestände unter verschiedenen Standortsverhältnissen von der größten Wichtigkeit für den Forstbetrieb ist. Unter Standort verstehe ich im Folgenden die Gesammtwirkung aller klimatischen Faktoren (Wärme, Feuchtigkeit, Lichtintensität, Bewegungszustände der Luft ꝛc.) und anderseits aller Bodenfaktoren (physikalische und chemische Beschaffenheit des Bodens.) Diese verschiedenen Faktoren verändern sich von Ort zu Ort, je nach Meereshöhe und geographischer Breite.

Ueber den Einfluß der verschiedenen S t a n d o r t e i n h o r i z o n t a l e r R i c h t u n g haben bis jetzt viele Forstmänner mühsame Untersuchungen angestellt und hierdurch über den wahren Wachsthumsgang der Bestände sehr dankenswerthe Erkenntnisse geliefert; allein über den E i n f l u ß d e r v e r t i k a l e n R i c h t u n g haben wir außer den Untersuchungen von Prof. Dr. Schuberg* und Prof. von Guttenberg sehr wenig, so daß man bisher meistens annahm, daß die Bonitätsklassen proportional mit der absoluten Höhe sich verändern, daß folglich der Wachtsthumsgang des Baumes bei verschiedenen Höhenlagen sich analog verändern wird wie bei verschiedenen Bonitäten, wenn man unter Bonität blos die Ernährungsfähigkeit des Bodens versteht.

Ich glaube, daß diese Anschauung nicht ganz richtig ist, weil mit Zunahme der absoluten Höhe sowohl die klimatischen wie die Bodenfaktoren sich verändern. Die Frage, wie sich der Zuwachs in verschiedenen Höhenlagen verhält, läßt sich nur durch Anstellung von Zuwachsuntersuchungen in Beständen gleicher Exposition und möglichst an demselben Bergabhang beantworten, indem man sich bei der Auswahl der Probeflächen bemüht, alle störenden Einflüsse, welche Verschiedenheit der geologischen und sonstigen Bodenbeschaffenheit und die Neigung gegen die Himmelsrichtung bewirken könnten, zu eliminiren.

Anderseits glaube ich, daß eine solche Untersuchung nicht ohne p r a k t i s c h e n W e r t h ist, da die Waldgebiete mit der Zeit infolge der Konkurrenz des Ackerlandes nach und nach in die Gebirgsgegenden, wo gegenwärtig noch extensive Wirthschaft getrieben wird, zurückgedrängt werden und wo dann auch intensiv gewirthschaftet werden wird. Da aber die absolute Höhenlage von großem Einfluß auf die Wahl und Erziehungsweise der Holzarten, dann der Betriebsarten ist, so muß bei allen Einrichtungsarbeiten die Höhenlage wohl in Rücksicht gezogen werden.

Gegenwärtig schon muß der japanische Forstmann infolge der Gestaltung des Landes seine Einrichtungsarbeiten im Hochgebirge ausführen. Deßhalb schien es mir von besonderem Interesse, zur Kenntniß der Sache ein Kleines beizutragen.

In dieser Absicht habe ich mit gütiger Unterstützung von Herrn Prof. Dr. Weber, dem ich mich sehr zu Dank verpflichtet fühle, über den Wachsthumsgang der Waldbäume in verschiedenen absoluten Höhenlagen der Alpen nachstehende direkte Beobachtungen und Untersuchungen angestellt, welche vielleicht für weitere Kreise einiges Interesse haben dürften.

D a s G e b i e t, in welchem ich diese Zuwachsuntersuchungen anstellte, ist derjenige Theil der bayrischen Kalkalpen, welcher südlich vom Schliersee liegt und die Grenze gegen Tirol bildet. Geographisch läßt sich die Lage als 47° 40′ nördl. Breite und 11° 53′ Länge östl. von Greenwich bezeichnen; hydrographisch als die Wasserscheide zwischen Inn und Mangfall sowie der Leizach. Die höchsten Berge der Gegend sind gegen Südosten das hintere Sonnenwendjoch mit 1990 m, gegen Südwesten der Schinderberg mit 1806 m, gegen Norden Stolzenberg mit 1590 m,

* Schuberg, „Ueber das Gesetz der Stammzahl", Forstwirthschaftl. Zentralblatt 1883 und Supplement zur Allg. Forst- und Jagd-Zeitung, XII. Bd., 2. Heft, 1884.

Rothe Wand mit 1885 m, Auerspitz mit 1812 m, gegen Westen Risserkogel mit 1827 m, Wallberg mit 1723 m. Meine Untersuchungen fanden am Nordabhange des Schinderberges, am sogenannten „Brenner Eck“, von welchem die Abtheilung Brenner ihren Namen erhalten hat, in der später näher zu betrachtenden Umgebung statt. Die Waldungen dieser Gegend gehören zum kgl. bayerischen Forstamt Tegernsee und bilden den Försterbezirk Valepp dieses Amtes. Valepp, wo ich 4 Wochen wohnte, ist ein einsames Forsthaus, 885 m hoch, im Thale zwischen den genannten hohen Gebirgen gelegen. Den dortigen Forstbeamten, nämlich Herrn Forstmeister Wild in Tegernsee und Herrn Förster Meiler in Valepp, bin ich für ihre gütige Unterstützung meiner Arbeiten sehr dankbar.

II. Allgemeine Beschreibung der Standorts- und Bewirthschaftungs-Verhältnisse.

Die Abtheilung No. 2 „Brenner“ gehört zum Distrikt IX, Weiße Valepp; die ganze Abtheilung ist 132,9 ha groß, sie breitet sich an einem nördlichen Bergabhang wellenförmig aus. Der Untergrund besteht ausschließlich aus Hauptdolomit des Keupers und der durch Verwitterung daraus entstehende Boden ist ein schwach lehmiger Dolomitboden, der an der Oberfläche mit einer Schichte humusreichen Lehms überdeckt ist. Der höchste Punkt an der oberen Grenze liegt bei ca. 1500 m; der unterste Theil bei ca. 800 m über der Nordsee am Ufer des weißen Valepp-Flusses. Die bedeutende Erhebung, die reichlichen Niederschläge und der Quellenreichthum bedingen ein ziemlich rauhes, feuchtes Lokal-Klima; im unteren Theile ist es selbstverständlich weit günstiger als im oberen. Die Winter sind sehr schneereich; die Vegetationsperiode dauert nur 4 oder 5 Monate, von Ende Mai bis Ende September. Die Feuchtigkeitsverhältnisse sind sehr günstig da, wo allzustarke Verdunstung durch reichlichen Humusgehalt und einen genügenden Schutzbestand verhindert wird.

In früheren Zeiten soll in dieser Gegend ein gemischter Wald aus Buchen, Ahornen, Fichten und Tannen mit Laubholz vorherrschend gewesen sein. Da die Benutzung der weniger werthvollen Laubhölzer, wegen schwieriger Abfuhr fast ganz unterblieb, so mußte nach und nach mit künstlicher Hülfe mehr Nadelholz eingeführt werden. Jetzt herrscht der Fichtenbestand vor, mit wenigen Tannen. Die Buche bleibt meist als Bodenschutzholz ziemlich beschränkt, nur gute Sortimente dieser Holzart finden einen Absatz. In diesem Theile des Gebirges bilden die reinen Bestände eine Ausnahme, vielmehr herrschen die gemischten, mehr oder weniger unregelmäßigen Bestandesformen vor; aus diesem Grunde benützte ich auch solche für die dortigen Waldverhältnisse charakteristischen, auf natürlichem Wege entstandenen Bestände für meine Untersuchungen. Jeder, der im Hochgebirge derartige Zuwachsuntersuchungen künftig anstellen wird, findet diese meine Erfahrungen über die Unregelmäßigkeit der Bestockungs- und Mischungsverhältnisse gewiß bestätigt und wird begreifen, warum in den Hochlagen keine reinen, gleichalterigen Probeflächen aufgefunden werden konnten.

Die jetzt angenommene Umtriebszeit ist jene von 140 Jahren; die Betriebsart Hochwald, wobei der Femelschlagbetrieb mit vorherrschendem Laubholz-Schutzbestand die Regel bildet. Letzterer besteht hauptsächlich aus Buchen- und Ahorn-Stangen. Die Verjüngungen werden unter diesem Schutzbestand durch künstliche Einsaat in Riefen hergestellt. Der Schutzbestand wird, nachdem der Jungwuchs hinreichend kräftig geworden ist, je nach den Standortsverhältnissen nach 10—15 oder selbst 20 Jahren entfernt; dieses Nachhiebsmaterial findet keinen Absatz, weshalb nur unverwerthbare Stangen dazu gewählt werden. Bis vor 30 Jahren wurde noch Vieh in die Schläge getrieben; seitdem hat die Waldweide aufgehört.

Die Abtheilung Brenner war in 5 Unterabtheilungen, a, b, c, d, e, getheilt; zu meiner Untersuchung wurden nur b und e gebraucht, weßhalb ich hier beide Unterabtheilungen getrennt beschreiben will:

Die Unterabtheilung b reicht von Grate bis zum Bach Weiße Valepp hinunter; oben grenzt sie an der Unterabtheilung 1 Enzenbach an; bei dieser Grenze liegt der höchste Punkt mit ca. 1350 m über der Nordsee; an der Ostseite liegt Unterabtheilung a, die ein 5jähriger Schlag ist, westlich an Unterabtheilung c, welche etwas tiefer unten liegt und mit einem ca. 20jährigen Bestand bewachsen ist. Holzbestand ca. 190jährige Fichten und Buchen mit einzelnen Tannen und Ahornen. Der ganze Bestand liegt auf einem Rücken, also höher als beide angrenzende Bestände; ein Schutzbestand gegen den Wind existiert nicht, daher sind im Vorjahre am Bestandsrande einige Stämme vom Winde geworfen worden, die jedoch nicht in der Probefläche standen.

Die Unterabtheilung e grenzt an Unterabtheilung d an, welche einen angehend haubaren Bestand bildet, im Osten und oben an die Abtheilung 1 Enzenbach; westlich an Abtheilung 3, welche gleich bestockt, ist wie e. Der höchste Punkt bei der oberen Grenze liegt bei ca. 1500 m; untere Grenze ca. 1350 m über der Nordsee. Holzbestand ca. 240jähriger sehr lichter urwaldartiger Fichtenbestand mit wenigen Tannen und einem Nebenbestand von zahlreichen Buchen. In dieser Unterabtheilung gibt es keine regelmäßigen Fällungen mehr, nur gelegentlich sollen

künftig einige schöne Stämme ausgehauen werden — also Plänterbetrieb. In dem oberen Theile über der Grenze dieser Unterabtheilungen kommen nur noch Knieholzkiefern, Birken, Weiden, Juniperusarten und Alpenrosen ꝛc. vor.

III. Darlegung des bei den Bestandesuntersuchungen beobachteten Verfahrens.

A. Bestandesuntersuchungen.

Wenn der Zuwachsgang einer Holzart hinsichtlich der Massenerzeugung pro ha untersucht werden soll, so müßte man für jede Höhenlage eine ganze Reihe von Probeflächen, die sich im Alter abstufen, nach einer der in der Theorie der Holzmeßkunde dargestellten Methoden auswählen und genau aufnehmen. Dies war mir jedoch aus einem doppelten Grunde unmöglich, einmal wegen Mangels an Zeit, dann wegen des gänzlichen Fehlens jüngerer vergleichbarer Bestände. Ich begnügte mich daher mit der Aufsuchung geeigneter Weiserbestände in jeder der geschilderten Höhenregionen, welche ich nach dem Hartig'schen Verfahren aufnahm und berechnete. Hiedurch stellte ich gewissermaßen den Massenvorrath pro ha des ältesten Gliedes einer Ertragstafel fest, während die jüngeren Glieder erst nach dem Weiserstammverfahren zu ermitteln sein würden. Der Schwerpunkt meiner weiteren Untersuchungen wurde in die Stammanalysen zahlreicher Klassenstämme der obigen Probeflächen verlegt, weil diese den Zuwachsgang der einzelnen Stammklassen am deutlichsten darstellen.

Näheres über diese Methode enthält das Werk von R. Hartig: „Vergleichende Untersuchungen über den Ertrag der Rothbuche und Eichen im Spessart."

a. Probeflächenaufnahmen.

Bei der Wahl der Probeflächen suchte ich an einem Bergabhang einen alten normalen Bestand aus, mit möglichst gleichförmiger Bodenbeschaffenheit und gleichförmigem Grundgestein. Nur mit großer Mühe, nach mehrtägigem Aussuchen und Dank der Freundlichkeit des dortigen Försters Meiler konnte ich in der Abtheilung Brenner einen diesen Anforderungen entsprechenden Bestand ausfinden. Diese Abtheilung wurde dann nach der Höhenlage in 3 Theile getheilt: der unterste zwischen 900—1050 m, der mittlere zwischen 1050—1250 m, der obere zwischen 1200—1350 m über der Nordsee.

In jedem Theil wurde eine $^1/_2$—1 ha große Probefläche ausgewählt, mit vollbestockter, keineswegs aber ungewöhnlich dicht bestockter Fläche, welche so gut wie möglich ein Muster des entsprechenden Theils vom ganzen Bestande darstellte.

Um die Untersuchungen noch höher fortsetzen zu können, wählte ich noch eine Probefläche in der Unterabtheilung e derselben Abtheilung aus; diese liegt zwischen 1350—1500 m; und zeigt die gleiche Bodengestaltung und Neigungsverhältnisse.

Sämmtliche absoluten Höhenmessungen wurden mit einem guten Aneroid-Barometer ausgeführt. Als Anfangsstation wählte ich das Forsthaus zu Vallep, dessen genaue absolute Höhe über der Nordsee 885 m beträgt. Für die Korrekturen auf Temperatur benutzte ich die Tabelle von Rheinhard's Ingenieur-Kalender.

b. Beschreibung der Probeflächen.

Nachdem die allgemeine Beschreibung der Standorts- und Bewirthschaftungs-Verhältnisse schon im Abschnitt II vorausgeschickt ist, so sind hier nur die speziellen Eigenthümlichkeiten der einzelnen Probeflächen anzuführen.

Probefläche I (900—1050 m). Lage: liegt in der Mitte des unteren Drittels der Unterabtheilung b mit einer durchschnittlichen Neigung von 29°. Unmittelbar darunter führt ein Waldweg vorbei.

Boden: mäßig frisch, mit Streudecke von Buchenlaub und Fichtennadeln und nur wenig Moos bedeckt. Humusschicht durchschnittlich 15,5 cm mächtig.

Holzbestand: gemischter Bestand, bestehend aus Fichten, Buchen mit eingesprengten, meist dem Nebenbestande angehörigen Tannen, Ahorne und einigen Eschen. Hier und da einzelne riesige Tannenexemplare.

Schluß noch genügend. Zuwachs befriedigend. Ein Unterbestand fehlt ganz, was bei der Höhe der herrschenden Stammklassen und dem Mangel des Lichtes überhaupt auf diesem Nordhang leicht erklärlich ist. Dürres und abhängiges Holz findet wahrscheinlich Absatz, dank der Nähe der Straße.

Probefläche II (1050—1200 m) Lage: Mittlerer Theil der Unterabtheilung b. Neigung von 30°.

Boden: Aehnlich wie bei Probe I, Humusschicht etwa 15 cm mächtig.

Holzbestand. Gemischter Bestand bestehend aus Fichten und Buchen; letztere Holzart wie auch Tannen und Ahorne, doch stärker vertreten als bei I. Zuwachs befriedigend.

Schluß entsprechend der größeren Höhenlage, lichter wie in I; doch kommt auch aus den gleichen Gründen kein Unterwuchs vor. Die Bäume sind hier schon etwas gruppenweise vertheilt.

Probefläche III (1200—1350 m). Lage: Liegt im oberen Theil der Unterabtheilung b bei einer Neigung von 28°.

Boden: Trocken. Humusdecke geringer als bei den zwei vorigen. Im Durchschnitt 13 cm mächtig.

Holzbestand: besteht der Hauptsache nach aus Fichten. Die Buchen, trotzdem sie zahlreicher vertreten sind als unten, gehören nicht mehr zum Hauptbestand. Die Tanne tritt mehr einzeln und freistehend, oft mit nicht unterdrückter Krone auf. Die spärlichen Lärchen zeigen ungemein hohe und geradschaftige Bäume. Einige strauchartige Mehlbeerbäume (Sorbus Aria) sind auch vorhanden.

Schluß unterbrochen. Graswuchs spärlich, aber dicht. Streudecke an vielen Stellen mangelnd. Die Baumkronen nehmen eine pyramidenartige Form an. Viel dürres Holz, besonders viele gipfeldürre Stämme. Infolge der gedrungenen Gestalt und der tiefen Bewurzelung aller Bäume kommt dort kein Windbruch mehr vor.

Probefläche IV (1350—1500 m). Lage: Liegt in der Mitte der Unterabtheilung c bei einer Neigung von 29°; Klima schon sehr rauh. 4 Stunden von der nächsten Straße entfernt, deßhalb ist hier von einer Bewirthschaftung und Nutzung kaum die Rede.

Boden: trocken mit spärlichem Graswuchs.

Holzbestand: sehr zerstreut und licht. Vorherrschend sind über 200 Jahre alte Fichten; nur einige Tannen; zahlreiche strauchartige Buchen bedecken horstweise den Boden. Schluß durchaus unterbrochen. Bäume, fast alle gipfeldürr. Zahlreiche verfaulende und dürre Fichten liegen auf dem Boden. Baumäste sehr stark. Krone pyramidenartig und bis zum Boden hinunterreichend.

c. Methode der Untersuchung.

In jeder Probefläche maß ich jeden Baum mit der auf dem Reviere befindlichen amtlich geprüften Baumkluppe und zwar übers Kreuz, um den Durchschnitt derselben zu finden. Die daraus berechneten Stammgrundflächen jeder Holzart sind nun folgendermaßen eingetheilt: der Fichtenbestand in vier Klassen; der Buchenbestand in zwei Klassen und der Tannen- und Ahornbestand je in eine Klasse. Indem ich mit der Stammzahl einer jeden Klasse in die Grundflächensumme derselben dividirte, fand ich die durchschnittliche Klassenstammgrundfläche. Konnte ich innerhalb der Probefläche keinen Stamm finden, dessen Grundfläche mit der eines durchschnittlichen Klassenstammes genau übereinstimmte, so ließ ich an dessen Stelle einen Stamm fällen, dessen Grundfläche der verlangten möglichst nahe stand. In der I. Probefläche habe ich mich meistens, statt besonders gefällter Probestämme mit Windbruchstämmen begnügt und ließ nur einen Stamm der II. Klasse des Fichtenbestandes hauen. In der II. Probefläche benützte ich auch größtentheils statt Klassenstämmen Windwurfstämme, weil ich in der Nähe der Probefläche hinreichend passende Windfall-Stämme fand.

Mit der Stammgrundfläche dieses Stellvertreters wurde nun in die Grundflächensumme der Klassen dividirt und ein Quotient gefunden, der in demselben Maße die wirkliche Stammzahl der Klasse übertraf oder hinter ihr zurückblieb, in welchem der Probestamm zu klein oder zu groß war.

Bei der IV. Probefläche des Fichtenbestandes habe ich nach dem Uhrich'schen Verfahren Probestämme bestimmt; und zwar habe ich erst den unterdrückten dominirenden Bestand unterschieden und von ersteren einen Probestamm (IV. Klassenstamm) von letzteren drei Probestämme (I. II. III. Klassenstämme) bestimmt. Der Grund dafür ist, daß die IV. Probefläche hauptsächlich sehr kleine und nur sehr wenig außerordentlich dicke und alte Stämme aufzuweisen hatte, und das R. Hartig'sche Verfahren nicht mehr anwendbar war; da bei diesem Bestande der Gipfel oder die Hälfte des Schaftes schon verfault oder abgebrochen war, weßhalb eine Untersuchung des Zuwachsganges nicht mehr möglich war, so habe ich einen anderen normalen Stamm ausgewählt, welcher bei der Stammanalyse noch benutzbar war und dessen Grundfläche der verlangten nahe stand; folglich wurde dieser Quotient in der IV. Probefläche etwas mehr abweichend. Dieser Quotient wurde als berechnete Stammzahl in die Tabelle 1 aufgenommen, um damit den Massengehalt des Probestammes zu multipliziren. Der Inhalt der ganzen Klasse mußte auf diesem Wege ebenso groß ausfallen, als wenn mit der wirklichen Stammzahl der Inhalt eines durchschnittlichen Klassenstammes multiplizirt worden wäre. Jeder ausgewählte Klassenstamm wurde zunächst nach der Entastung von der Abhiebsstelle aus von Meter zu Meter sektionsweise gekluppt. Hierauf wurden zum Zweck der Stammanalysen aus den gefällten und entästeten Probestämmen Sektionen ausgeschnitten; von welchen die erste 1 m Länge und die nächst folgenden 4,63 m Länge erhielten. Diese Eintheilung ist für die stufenweise Massen- und Zuwachsberechnung zwar sehr erschwerend, aber sie ist in der hiesigen Gegend als sogenannte Blocklänge gebräuchlich für die Sortierung des Sägholzes. Kürzere Sektionen könnten nicht mehr als Sägholz verkauft werden, und solche zerstreute Brennhölzer hätten keinen Absatz gefunden.

Kleine Probestämme, welche als Sägeholz nicht brauchbar waren, wurden auf 1—4—8—12 m Höhe (erste Sektion = 1 m, 2. Sektion = 3 m, dann jede weitere Sektion = 4 m lang) abgeschnitten. Der Gipfel und kleine Theile des Schaftes wurden bei allen Probestämmen je 2 m lang am Ende des Schaftes je 1 m lang abgeschnitten. Das Alter des Baumes ermittelte ich durch Jahrringszählungen auf dem Stock oder dem unteren, schräg gehauenen Stammende mit einem Zuschlag von 10 Jahren für 0,3 m Stockhöhe.

Den durchschnittlichen Radius einer jeden Querschnittsfläche fand ich auf mechanischem Wege mittels des Zirkels, indem ich nach dem Augenmaße die unregelmäßige Form der Querschnittsfläche auf eine Kreisfläche von gleicher Fläche überführte. Dieses Verfahren geht sehr schnell und giebt genauere Resultate, als die weitläufigeren Flächenberechnungen. Aus dem Durchschnittsradius wurde die Querschnittsfläche und durch Multiplikation mit den Sektionslängen der Kubikinhalt gefunden. Bei 4,63 m langen sektionsweise geschnittenen Probestämmen mußte ich zu Hause mittelst der graphischen Darstellung den Radius bei 2,975 m bestimmen, welcher zwischen der 1. und 2. Sektion mit den Ueberresten der 1,315 m langen Sektion zu rechnen war, was Fig. 1 deutlich zeigt. Um diese graphische Ermittlung zu kontrollieren, habe ich vorher die Stämme im Walde auf 2,9575 m genau kreuzweise kluppiert.

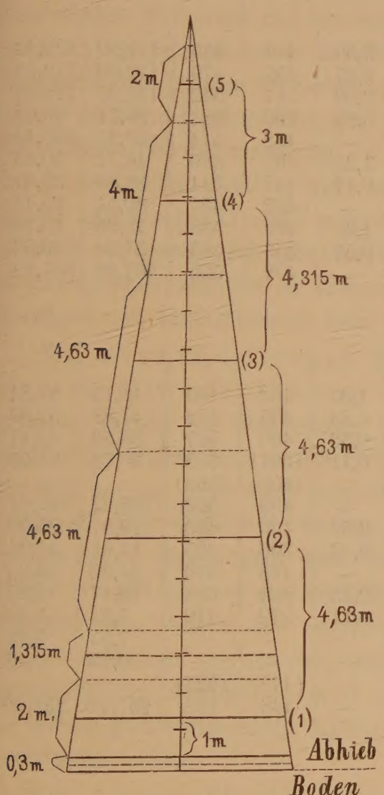


Fig. 1.

Um nun behufs Zuwachsberechnung die durchschnittliche Breite der Jahresringe und zwar sowohl des Holz- als des Bastringes zu finden, legte ich von der Markröhre jeder Querschnittsfläche nach dem Umfang des Holzkörpers einen Radius in eine solche Lage an, welche genau die durchschnittliche Radien-Breite hatte und da, wo die Jahrringsbreite normal war. Bei weniger regelmäßig geformten Querflächen, was meistens bei Laubhölzern der Fall ist, habe ich zwei auf einander senkrecht stehende, ja sogar öfter 3—4 Radien gezogen, um später zu Hause die durchschnittliche Jahrringsbreite zu berechnen. Vermittelst eines scharfen Baumrissers wurden die Radien geglättet, dann ein endloser Papierstreifen parallel zur gezeichneten Linie gestellt. Auf diesem Streifen zeichnete ich mit Bleistift und von der Peripherie aus zuerst die Anzahl Jahrringe, die zu einem Multiplum von 10 hinzu kamen und dann alle 10 Jahrringsbreiten. Haben wir z. B. ein Stammalter von 127 Jahren mit Zuschlag, so zählte ich also zuerst 7 Jahre von der Peripherie und dann alle darauffolgenden 10 Jahre. Legt man die für den Holz- und Rindenkörper zusammen bemessenen Radien nicht bis zum äußersten Umfang der Querschnittsfläche, sondern nur bis zur Grenze des Holzes und der Rinde, so fallen die Jahrringe gerade um so viel breiter aus, daß in ihnen sich der Holz- und Rindenzuwachs vereinigt darstellt.

Bei Querschnittsflächen mit undeutlicher Jahrringsbildung, besonders bei Buchen, habe ich dünne Querscheiben genommen und zu Hause dann vermittelst Färbung mit Anilin und der Luppe die Jahrringsbreiten bestimmt.

An der Spitze des Schaftes maß ich die äußerlich noch leicht wahrnehmbare Länge der letzten 5 Jahrestriebe, wonach dann zur Ermittlung des Ast- und Reisholzes geschritten werden konnte.

Alles Zweigholz der Buchen und Ahorne wurde bis zu 3 cm Stärke sorgfältig ausgeästet und in 1 m langen Stücken zu Sortimenten von 1 cm Stärkedifferenz zusammen gelegt. Aus der Durchschnittsstärke und der Anzahl von Längenmetern eines jeden Sortiments berechnete ich den Massengehalt. Das geringere Reisholz unter 3 cm Stärke und die Laubmenge, sowie die zartesten Reiser habe ich in 1 m lange und 1 m breite Schlichten zusammen gesammelt und dadurch zuerst die Schichtmasse bekommen. Durch Multiplikation mit dem Reduktionsfaktor 1/13, der in der Gegend allgemein angewendet wird, wurde dies in Festmasse umgerechnet.

Durch die Messung der auf jedem Papierstreifen gezeichneten Zonenbreiten mittelst Millimeter-Maßstabs habe ich die periodische Größe der Jahrringsbreiten in den verschiedenen Baumhöhen erhalten. Aus der Zahl der Jahresringe in den bekannten Baumhöhen ließ sich nach der bekannten Methode die frühere Höhe der Bäume in jeder Altersstufe, sowie der in den Zwischenzeiten stattgehabte Höhenzuwachs berechnen. Die Durchschnittsbreite der Jahresringe in jeder Periode ergab Stärken- und Massenzuwachs für jede Sektion und somit auch für den ganzen Baum. Die Resultate dieser Messungen und Berechnungen sind in der Tab. 7 (s. S. 13) zusammengestellt. Dieselbe zeigt uns die Höhe, den Brusthöhendurchmesser und den Schaftholzgehalt der Probestämme vom 10jährigen Alter aufwärts bis zum gegenwärtigen Alter in zehnjährigen Zwischenräumen.

B. Ergebnisse der Bestandes-Aufnahmen und der Untersuchungen über den Wachsthumsgang.

Die Tabelle 1 enthält die kurze Beschreibung der Bestände, welche ich zur Untersuchung gewählt habe. Neben der wirklichen Stammzahl findet sich die berechnete Stammzahl, deren Bedeutung schon angegeben wurde, angeführt. Der Sinn der einzelnen Spalten geht zur Genüge aus der Ueberschrift derselben hervor.

Tab. 1. Ergebnisse der Bestandesuntersuchungen.

Holzarten der Probefläche	Stammklassen Nr.	Stammzahl wirkliche	Stammzahl berechnete	Stammgrundflächensumme pro ha qm	der untersuchten Musterbäume: Alter	Höhe m	Durchmesser cm	Schaftholz cbm*	Zweigholz cbm*	Ganze Holzmasse cbm*	Formzahl in Tausendtheilen: Schaft-	Baum-	Ganze Schaftholzmasse p. ha cbm*	Ganze Holzmasse pro ha cbm*
Probefläche I (900—1050 m)														
Fichten	I	38	35,41	8,7204	195	40,2	56,0	4,22	0,14	4,36	426	440	149,26	154,17
	II	58	57,48	8,9784	190	39,3	44,6	3,23	0,13	3,36	526	548	185,78	193,30
	III	78	74,84	8,7788	198	37,0	38,7	2,14	0,10	2,24	491	515	159,80	167,28
	IV	144	119,41	8,7768	180	33,0	30,6	1,37	0,08	1,44	561	594	163,05	172,24
	Sa.	318	—	35,2544	190	38,0	—	—	—	—	499	521	657,90	687,00
Buchen	I	36	22,01	3,1078	175	28,0	42,4	2,13	0,15	2,27	537	574	46,73	49,98
	II	104	102,33	3,0292	165	17,2	19,4	0,25	0,04	0,29	497	573	25,90	29,84
	Sa.	140	—	6,1368	171	22,9	—	—	—	—	517	569	72,63	79,82
Tannen		14	15,00	1,1688	185	27,3	31,5	0,98	0,08	1,06	464	499	14,66	15,94
Ahorn		22	19,10	0,8080	135	22,6	23,2	0,41	0,03	0,44	427	456	7,81	8,32
Esche		2	—	0,1816	—	—	—	—	—	—	—	—	1,95	2,16
Sa. Ganzer Bestand		496	—	43,5496	187	35,2	—	—	—	—	492	517	754,95	793,24
Probefläche II (1050—1200 m)														
Fichten	I	34	34,99	8,1624	175	32,0	54,5	3,36	0,14	3,50	449	469	117,50	122,40
	II	44	46,16	8,0094	180	30,9	47,0	2,44	0,13	2,57	455	479	112,60	118,65
	III	60	60,00	8,1192	177	29,6	41,5	1,97	0,12	2,09	511	542	118,36	125,28
	IV	154	149,25	7,6266	150	22,3	25,5	0,59	0,07	0,66	520	581	88,74	99,08
	Sa.	292	—	31,9176	171	28,4	—	—	—	—	482	514	437,21	465,40
Buchen	I	66	41,22	5,1280	185	24,9	39,8	1,13	0,10	1,23	367	399	46,71	50,83
	II	250	226,80	5,0350	120	15,0	16,8	0,15	0,02	0,17	447	511	33,80	38,61
	Sa.	316	—	10,1630	148	19,5	—	—	—	—	407	451	80,51	89,44
Tannen		20	13,08	1,0388	185	23,6	31,8	0,94	0,07	1,00	499	535	12,25	13,16
Ahorn		88	77,07	3,6068	135	19,4	24,4	0,48	0,03	0,51	533	565	37,32	39,52
Sa. Ganzer Bestand		716	—	46,7262	165	25,7	—	—	—	—	472	505	567,29	607,52
Probefläche III (1200—1350 m)														
Fichten	I	38	39,98	5,1494	180	20,7	40,5	1,20	0,09	1,30	452	486	48,15	51,84
	II	60	64,05	5,3160	180	19,4	32,5	0,75	0,08	0,83	465	512	47,88	52,80
	III	96	85,53	5,2686	185	15,9	28,0	0,45	0,05	0,50	460	507	38,52	42,47
	IV	282	309,66	5,1714	175	8,5	14,6	0,10	0,02	0,11	(697)	805	30,72	35,50
						(15,3)					(509)	(569)		
	Sa.	476	—	20,9054	180	18,6	—	—	—	—	459	502	165,27	182,61
Buchen	I	46	40,43	2,9354	190	15,5	30,4	0,49	0,03	0,52	430	459	19,61	20,90
	II	146	134,19	2,8984	170	12,7	16,6	0,11	0,01	0,12	396	435	14,61	16,05
	Sa.	192	—	5,8338	181	14,2	—	—	—	—	413	446	34,22	36,95
Tannen		40	41,56	2,5598	195	11,6	28,0	0,39	0,05	0,43	544	608	16,17	18,09
Ahorn		92	78,50	1,8684	125	10,8	17,4	0,09	0,01	0,11	372	419	7,52	8,46
Lärchen		12	—	0,9412	—	—	—	0,10	—	—	—	—	7,55	7,93
Mehlbeerbaum		16	—	0,1192	—	—	—	—	—	—	—	—	0,69	0,86
						(15,0)					(478)	(527)		
Sa. Ganzer Bestand		828	—	32,2278	178	16,6	—	—	—	—	446	488	231,42	254,90
Probefläche IV (1350—1500 m)														
Fichten	I	41	58,36	13,8661	270	21,4	55,0	1,93	0,15	2,09	380	410	112,79	121,77
	II	41	71,71	6,1367	210	13,7	33,0	0,52	0,08	0,61	449	522	37,64	43,72
	III	42	38,75	1,9025	200	11,2	25,0	0,22	0,05	0,27	381	461	8,53	10,32
	IV	172	33,85	0,5517	130	5,2	14,4	0,05	0,02	0,06	(545)	726	1,56	2,09
						(16,3)					(438)	(485)		
	Sa.	296	—	22,4570	202	18,1	—	—	—	—	402	444	160,52	177,88
Buchen	I	68	66,08	2,7952	180	10,6	23,2	0,21	0,05	0,26	467	582	13,86	17,27
	II	580	270,78	2,7620	160	7,0	11,4	0,04	0,02	0,06	559	778	10,80	15,03
	Sa.	648	—	5,5572	170	8,7	—	—	—	—	512	670	24,67	32,24
Tannen		52	12,90	0,5831	180	10,6	24,0	0,23	0,06	0,29	473	602	2,93	3,72
						(13,9)					(473)	(537)		
Sa. Ganzer Bestand		996	—	28,5973	196	14,8	—	—	—	—	441	501	188,12	213,85

* Im Manuskript standen hier überall 4 Dezimalstellen, welche zur Vereinfachung des Satzes auf 2 vermindert wurden. Die Red.

Die Holzmasse des Klassenstammes bedeutet die Holzmasse des ganzen Stammes über dem Boden, d. h. der Theil unter der Hiebsfläche ist auch inbegriffen und wurde aus graphischen Darstellungen berechnet.

Die Schaft- und Baumformzahlen sind für die Grundfläche auf 1,3 Meter über dem Boden gerechnet; Derbholzformzahlen für die über 7 cm starken Stammtheile habe ich nicht ermittelt.

Das durchschnittliche Bestandsalter bestimmte ich mit Hülfe der Formel

$$\frac{m + m' + m''}{\frac{m}{a} + \frac{m'}{a'} + \frac{m''}{a''}},$$

wobei a a′ a″ das Alter der Klassenstämme und m m′ m″ die ganze Holzmasse der zugehörigen Klassen bedeuten.

Die durchschnittliche Bestandeshöhe wurde berechnet, indem die Gesammtstammgrundfläche des ganzen Bestandes mit der durchschnittlichen Formzahl multiplizirt und damit in das Produkt die Schaftholzmasse des ganzen Bestandes dividirt wurde. Bei den 2 höchsten Probeflächen zog ich die Formzahl des IV. Fichtenklassenstammes nicht in die Rechnung hinein, da er bei beiden Flächen nicht zu den dominirenden zählte und deren Formzahl ungemein hoch war. Um dennoch wie gewöhnlich eine Vergleichung zwischen den 4 Probeflächen anstellen zu können, wurden sie separat berechnet und eingeklammert dazu geschrieben.

Die durchschnittlichen Formzahlen des ganzen Bestandes wurden auf bekannte Weise gefunden, indem die Grundfläche jeder Klasse mit der zugehörigen Klassenhöhe multiplizirt und mit der Summe der sich daraus ergebenden Produkte in die Gesammtholzmasse des Bestandes dividirt wurde. Die eingeklammerten Formzahlen sind nach demselben Verfahren wie alle anderen aus der Gesammtmasse berechnet worden, aber wegen der unterdrückten IV. Klassenstämme erscheinen sie abnorm, deßhalb wurden unter ausschließlicher Benützung der 3 ersten Klassenstämme die berichtigten Formzahlen ermittelt, welche darunter eingeschrieben sind.

Die Holzmasse der Eschen, Lärchen und der Mehlbeerbäume habe ich aus den bayerischen Massentafeln aus Grundstärke und Höhe berechnet, da ich von diesen Holzarten keine Musterstämme genommen habe.

IV. Resultate der Untersuchungen.

A. Für einzelne Klassenstämme.

In nachstehender Betrachtung der Resultate habe ich einen zweifachen Weg eingeschlagen. Zunächst wurden die absoluten Zahlenreihen, sowie deren Differenzen — wo erforderlich — mitgetheilt. Dann habe ich die ersteren mittelst Diagrammen graphisch dargestellt und hierbei zugleich zur Vergleichung der Untersuchungsresultate nach der von Prof. Dr. Weber angewendeten Methode verfahren, welche derselbe jüngst in seinem Lehrbuch der Forsteinrichtung bekannt gemacht hatte. Diese Methode hat meine Beschreibung erleichtert und übersichtlicher gemacht, indem dadurch große Zahlenreihen als Funktionen der Zeit durch wenige Grundzahlen ausgedrückt werden konnten.

a. Höhenzuwachs.

Die als unmittelbare Ergebnisse der Stammanalysen empirisch gefundenen Stammhöhen, welche die Klassenstämme in den einzelnen Jahrzehnten ihres Alters besaßen, habe ich in Tabelle 2 (siehe S. 8, 9 übersichtlich zusammengestellt und zum Theil in den Darstellungen Fig. 2 und 3 (siehe Seite 14) gezeichnet. Ferner habe ich, was jedoch des Raumes halber hier nicht abgedruckt werden kann, aus den Differenzen dieser Reihen den laufend-jährlichen Höhenzuwachs berechnet, um den Verlauf des letzteren und besonders seinen Kulminationspunkt sofort ersichtlich zu machen. Demnach kulminirte der laufende Höhenzuwachs der einzelnen Klassenstämme in folgenden Altersstufen (siehe Tabelle 3, S. 12).

Prof. Dr. Weber hat die Höhe h_a bei dem Alter a aus dem Grenzwerth h_{max} algebraisch durch die Formel $h_a = h_{max}\left(1 - \frac{1}{1{,}op^a}\right)$ abgeleitet. Nach ihm genügt eine einzige Angabe von p (d. h. der Grundzahl, welche die Wachsthumsenergie angibt), um den Verlauf einer Höhenkurve durch alle Stadien des Alters, mit alleiniger Ausnahme der jugendlichsten festzustellen. Nach dieser Formel habe ich die Resultate meiner Untersuchungen über den Höhenzuwachsgang der Klassenstämme ausgedrückt und zur Darstellung gebracht, wie auf Fig. 2 und 3 zu sehen ist. Die schwarzen Linien sollen diesen Wachsthumsgang andeuten. Daneben wurden als punktirte Linien die Kurven aufgetragen, die man bekommt, wenn man in der Formel bestimmte Grenzwerthe von h_{max} einsetzt. (Für Fichten- und Tannenprobestämme wurde h_{max} = 40 m und für Buchen und Ahorn h_{max} = 30 m gesetzt.) Bei dieser Zeichnung ging ich folgendermaßen vor: ich zeichnete diese Höhenkurve nebst Koordinatenaxen auf Pauspapier, legte dann diesen Maßstab auf die experimentell festgestellten Kurven und konnte in den meisten Fällen leicht den Werth von p ablesen, in einigen Fällen wenigstens die Grenzen angeben, innerhalb deren die empirisch gefundene Kurve verläuft. Für das Jugendstadium mußte ein Zeitraum in Abzug gebracht werden, der nach dem Vorstehenden für die verschiedenen Holz-

Alter in Jahren.	I. Probefläche (900—1050 m absoluter Höhe). Klassenstämme von: Fichten I.	Fichten II.	Fichten III.	Fichten IV.	Buchen I.	Buchen II.	Tannen	Ahorn	II. Probefläche (1050—1200 m absoluter Höhe). Klassenstämme von Fichten I.	Fichten II.	Fichten III.	Fichten IV.	Buchen I.	Buchen II.	Tannen

Tab. 2. Stammhöhen der einz

Alter	I. F. I.	I. F. II.	I. F. III.	I. F. IV.	I. B. I.	I. B. II.	I. Tannen	I. Ahorn	II. F. I.	II. F. II.	II. F. III.	II. F. IV.	II. B. I.	II. B. II.	II. Tannen
10	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
20	2,8	1,0	0,8	3,0	2,1	1,6	0,8	2,8	1,3	1,1	1,1	0,8	1,6	1,6	0,8
30	7,8	4,3	1,7	6,2	3,8	2,8	1,8	5,3	3,9	2,8	2,6	1,4	2,6	3,0	1,5
40	13,6	7,4	6,9	9,4	8,6	4,6	3,4	8,2	7,8	6,7	5,4	2,4	4,2	4,3	2,3
50	16,6	10,3	9,6	12,7	12,2	6,5	9,5	12,4	10,1	11,1	8,1	4,4	5,9	5,2	3,3
60	19,4	12,6	13,5	16,8	15,0	8,0	12,0	15,6	15,8	14,0	12,0	6,6	7,6	6,1	7,0
70	24,0	16,2	18,0	19,3	17,3	9,6	13,9	17,8	20,9	16,0	15,7	8,7	9,3	7,3	10,7
80	26,5	21,1	21,5	21,5	18,6	11,3	15,4	18,8	23,8	19,2	18,0	10,6	11,3	9,0	12,9
90	28,9	26,4	23,3	23,2	19,8	12,8	16,8	19,7	25,0	22,5	20,1	12,3	13,3	10,8	15,2
100	30,9	29,6	25,1	25,8	20,7	13,8	18,3	20,4	26,2	25,1	22,1	14,0	15,0	12,9	16,7
110	32,9	32,2	27,2	26,9	21,6	14,7	19,7	21,0	27,3	26,3	23,9	15,9	16,9	14,4	18,1
120	34,4	33,8	29,2	27,9	22,6	15,2	20,9	21,6	28,2	27,5	25,1	17,9	18,3	15,0	19,6
130	35,5	34,9	30,8	29,0	23,5	15,6	21,8	22,4	29,0	28,1	26,1	19,5	19,4	—	20,5
140	36,4	35,9	32,1	30,1	24,5	16,0	22,7	22,6 (bei 135 J.)	29,8	28,6	26,9	20,7	20,3	—	21,2
150	37,1	36,8	33,0	31,0	25,5	16,3	23,6	—	30,5	29,2	27,6	22,32	21,2	—	21,9
160	37,8	37,7	33,8	31,8	26,5	16,9	24,5	—	31,2	29,8	28,4	—	22,4	—	22,5
170	38,4	38,3	34,6	32,6	27,6	17,2 (bei 165 J.)	25,6	—	31,8	30,3	29,1	--	23,6	—	23,0
180	39,1	38,8	35,5	33,02	28,0 (bei 175 J.)	—	26,8	—	31,99 (bei 175 J.)	30,85	29,55 (bei 177 J.)	—	24,4	—	23,4
190	39,8	39,27	36,3	—	—	—	27,29 (bei 185 J.)	—	—	—	—	—	24,9 (bei 185 J.)	—	23,6 (bei 185 J.)
195	40,21	—	37,0 (bei 198 J.)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
210	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tab. 5. Grundflächen der einze

Quadr

Alter	I. F. I.	I. F. II.	I. F. III.	I. F. IV.	I. B. I.	I. B. II.	I. Tannen	I. Ahorn	II. F. I.	II. F. II.	II. F. III.	II. F. IV.	II. B. I.	II. B. II.	II. Tannen
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	1	—	—	1,5	8	0,5	—	6	—	—	—	—	3	0,6	—
30	21	7	1	13	43	4	3	30	36	18	6	—	25	3	1
40	154	55	23	35	97	9	24	61	104	75	33	3	80	7	24
50	340	121	64	59	181	15	66	102	181	150	87	11	167	14	66
60	531	214	111	121	290	22	113	135	346	254	150	31	209	21	127
70	774	314	227	177	415	34	177	158	499	370	249	57	238	33	163
80	962	452	346	238	523	49	222	179	745	495	346	95	305	53	232
90	1164	564	415	302	581	66	281	224	995	642	471	139	366	75	308
100	1320	670	483	353	642	87	324	260	1195	794	607	177	452	109	394
110	1534	799	564	423	716	104	366	284	1392	957	731	222	543	170	423
120	1765	919	625	464	804	119	398	324	1534	1064	860	281	607	206	471
130	1870	1029	693	499	897	133	430	363	1691	1164	968	346	679	222*	519
140	1948	1110	745	535	979	152	464	394	1795	1257	1029	415	774	—	552
150	2027	1182	794	581	1075	201	495	423*	1601	1346	1104	475	860	—	577
160	2107	1257	850	620	1158	252	581	—	2003	1439	1164	511*	935	—	607
170	2206	1320	897	651	1263	272	568	—	2116	1534	1213	—	1029	—	638
180	2273	1392	957	679	1327	296*	538	—	2173	1626	1257	—	1110	—	679
190	2316	1452	1018	725*	1421*	—	688	—	2333*	1735*	1353*	—	1158	—	697
195	2333	1562*	1075	—	—	—	779*	—	—	—	—	—	1244*	—	794*
200	2463*	—	1173*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
210	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Die letzte Zahl jeder Rubrik ist immer „mit Rinde" zu verstehen.

in Jahren	III. Probefläche (1200—1350 m absoluter Höhe). Klassenstämme von: Fichten I.	Fichten II.	Fichten III.	Fichten IV.	Buchen I.	Buchen II.	Tannen	Ahorn	IV. Probefläche (1350—1500 m abs. Höhe). Klassenstämme von: Fichten I.	Fichten II.	Fichten III.	Fichten IV.	Buchen I.	Buchen II.	Tannen	Ahorn

ıssenstämme auf Grund von Stammanalysen.

r :

10	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	—
20	1,9	1,9	1,0	0,8	0,7	1,0	0,5	0,9	1,7	0,7	0,8	0,6	0,8	0,7	0,4	—
30	3,5	3,6	1,9	1,4	1,2	1,7	0,7	1,5	3,5	1,3	1,2	1,0	1,2	1,0	0,6	—
40	5,2	5,3	2,9	2,0	1,8	2,3	1,0	2,0	5,3	1,9	1,8	1,4	1,6	1,4	0,8	—
50	6,6	7,0	4,0	2,7	2,5	3,0	1,3	2,8	6,6	2,4	2,2	1,8	2,0	1,9	1,0	—
60	8,0	8,6	5,8	3,4	3,2	4,0	1,6	3,9	7,9	2,8	2,7	2,2	2,4	2,6	1,2	—
70	9,5	10,0	7,5	4,0	4,2	4,9	1,9	5,2	9,2	3,2	3,2	2,6	2,9	3,3	1,5	—
80	11,1	11,3	9,2	4,6	5,6	5,6	2,4	7,1	10,4	3,8	4,0	3,0	3,7	3,7	1,7	—
90	12,7	12,6	10,5	5,2	7,1	6,2	3,1	8,1	11,4	4,6	4,8	3,4	4,6	4,1	2,0	—
100	14,3	13,8	11,6	5,8	8,2	6,8	4,3	8,8	12,3	5,6	5,7	3,8	5,7	4,4	2,6	—
110	16,4	15,0	12,6	6,3	8,9	7,5	5,9	9,5	13,6	6,6	6,5	4,1	7,1	4,7	3,6	—
120	17,7	16,1	13,0	6,7	9,6	8,2	7,4	10,4	14,6	7,5	7,2	4,6	7,7	4,9	4,5	—
130	18,3	17,2	13,4	7,0	10,3	9,3	8,4	10,8 (bei 125 J.)	15,5	8,4	7,9	5,2	8,3	5,2	5,4	—
140	18,9	17,7	13,8	7,4	11,2	10,2	8,9	—	16,3	9,1	8,6	—	8,9	5,8	6,2	—
150	19,5	18,1	14,2	7,8	12,2	11,2	9,4	—	17,2	9,8	9,3	—	9,4	6,6	7,2	—
160	20,0	18,6	14,6	8,1	13,1	12,1	9,9	—	17,7	10,4	9,8	—	9,9	7,0	8,3	—
170	20,4	19,0	15,2	8,4	14,1	12,7	10,3	—	18,1	11,1	10,3	—	10,3	—	9,7	—
180	20,7	19,4	15,7	8,51 (bei 175 J.)	14,9	—	10,8	—	18,6	11,8	10,7	—	10,6	—	10,6	—
190	—	—	15,9 (bei 185 J.)	—	15,53	—	11,3	—	19,0	12,4	11,2	—	—	—	—	—
195	—	—	—	—	—	—	11,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	—	—	—	—	—	—	—	—	19,5	13,0	11,79	—	—	—	—	—
210	—	—	—	—	—	—	—	—	20,0	13,65	—	—	—	—	—	—

ıassenstämme auf Grund von Stammanalysen.

entimeter:

10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	10	8	0,5	—	—	3	—	1	13	—	—	—	—	—	—	—
40	36	28	7	5	6	10	—	8	38	—	—	—	1	0,1	—	—
50	95	79	25	10	18	18	—	18	79	0,3	3	5	3	1,5	—	—
60	172	123	58	17	30	25	1,5	30	154	2,5	10	13	7	3,5	0,1	—
70	254	177	111	23	47	34	7	41	254	6	20	23	17	7	1,8	—
80	363	227	150	30	88	50	21	65	373	13	33	38	31	11	5	—
90	471	308	191	37	127	65	42	88	531	38	48	55	50	17	13	—
100	581	380	243	52	189	80	66	113	665	64	64	69	75	25	27	—
110	679	464	284	74	230	93	106	158	745	100	95	90	93	32	45	—
120	755	523	327	88	272	106	170	194	830	137	129	113	127	40	68	—
130	824	573	363	102	308	121	241	211	908	189	167	139	170	50	95	—
140	913	616	394	111	343	135	296	238*	984	260	196	163*	216	62	137	—
150	990	647	437	125	398	152	343	—	1064	353	246	—	266	75	170	—
160	1064	683	468	134	452	170	373	—	1146	437	284	—	293	88	216	—
170	1122	716	491	145	507	189	408	—	1244	507	330	—	333	102*	284	—
180	1170	755	556	150	585	216*	441	—	1346	568	356	—	394	—	380	—
190	1288*	830*	581	167*	661	—	491	—	1439	633	401	—	423*	—	452*	—
195	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	—	—	618*	—	726*	—	531	—	1507	697	434	—	—	—	—	—
210	—	—	—	—	—	—	616*	—	1569	755	491*	—	—	—	—	—
220	—	—	—	—	—	—	—	—	1622	855*	—	—	—	—	—	—

Tab. 6. Brusthöhen-Durchmesser der einze…

Cen…

Alter in Jahren	I. Probefläche (900—1050 m absoluter Höhe). Klassenstämme von: Fichten I.	Fichten II.	Fichten III.	Fichten IV.	Buchen I.	Buchen II.	Tannen	Ahorn	II. Probefläche (1050—1200 m absoluter Höhe). Klassenstämme von: Fichten I.	Fichten II.	Fichten III.	Fichten IV.	Buchen I.	Buchen II.	Tannen	Ah…
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	1,2	—	—	1,4	3,2	0,8	—	2,7	—	—	—	—	2,1	0,9	—	[illegible]
30	5,2	3,0	1,0	4,0	7,4	2,2	1,8	6,2	6,8	4,8	2,8	0,2	5,6	2,0	1,0	[illegible]
40	14,0	8,4	5,4	6,7	11,1	3,4	5,5	8,8	11,5	9,8	6,5	1,8	10,1	3,0	5,5	[illegible]
50	20,8	12,4	9,0	8,7	15,2	4,3	9,2	11,4	15,3	13,8	10,5	3,8	14,6	4,2	9,2	[illegible]
60	26,0	16,5	13,4	12,4	19,2	5,3	12,0	13,1	21,0	18,0	13,8	6,3	16,3	5,2	12,7	[illegible]
70	31,4	20,0	17,0	15,0	23,0	6,6	15,0	14,2	25,2	21,7	17,8	8,5	17,4	6,5	14,4	[illegible]
80	35,0	24,0	21,0	17,4	25,8	7,9	16,8	15,1	30,8	25,1	21,0	11,0	19,7	8,2	17,2	[illegible]
90	38,5	26,8	23,0	19,6	27,2	9,2	18,9	16,9	35,6	28,6	24,5	13,3	21,6	9,8	19,8	[illegible]
100	41,0	29,2	24,8	21,2	28,6	10,5	20,3	18,2	39,0	31,8	27,8	15,0	24,0	11,8	22,4	[illegible]
110	44,2	31,9	26,8	23,2	30,2	11,5	21,6	19,0	42,1	34,9	30,5	16,8	26,3	14,7	23,2	[illegible]
120	47,4	34,2	28,2	24,3	32,0	12,3	22,5	20,3	44,2	36,8	33,1	18,9	27,8	16,2	24,5	[illegible]
130	48,8	36,2	29,7	25,2	33,8	13,0	23,4	21,5	46,4	38,5	35,1	21,0	29,4	16,8*	25,7	[illegible]
140	49,8	37,6	30,8	26,1	35,3	13,9	24,3	22,4	47,8	40,0	36,2	23,0	31,4	—	26,5	[illegible] (b. 1…)
150	50,8	38,8	31,8	27,2	37,0	16,0	25,1	(b. 135 J.) 23,2*	49,2	41,4	37,5	24,6	33,1	—	27,1	[illegible]
160	51,8	40,0	32,9	28,1	38,4	17,9	26,0	—	50,5	42,8	38,5	25,5*	34,5	—	27,8	—
170	53,0	41,0	33,8	28,8	40,1	18,6	26,9	—	51,9	44,2	39,3	—	36,2	—	28,5	—
180	53,8	42,1	34,9	29,4	41,1	(b. 165 J.) 19,4*	28,5	—	52,6	45,5	40,0	—	37,6	—	29,4	—
190	54,3	43,0	36,0	30,6*	(b. 175 J.) 42,4*	—	29,6	—	(b. 175 J.) 54,5*	47,0*	(b. 177 J.) 41,5*	—	38,4	—	29,8	—
195	54,5	44,6*	37,0	—	—	—	(b. 185 J.) 31,5*	—	—	—	—	—	(b. 185 J.) 39,8*	—	(b. 185 J.) 31,8*	—
200	56,0*	—	(b. 198 J.) 38,65*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
210	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tab. 10. Schaftholzmasse der einzel…

Kubi…

Alter in Jahren	I. Fichten I.	Fichten II.	Fichten III.	Fichten IV.	Buchen I.	Buchen II.	Tannen	Ahorn	II. Fichten I.	Fichten II.	Fichten III.	Fichten IV.	Buchen I.	Buchen II.	Tannen	Ah…
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	2,7	2,1	0,9	1,0	2,0	0,2	0,2	1,8	2,4	1,1	1,3	0,2	1,5	0,1	0,15	[illegible]
30	16,7	5,1	5,7	6,0	14,3	1,3	1,3	10,6	19,4	7,6	5,7	1,0	11,3	1,0	1,1	[illegible]
40	124,2	29,0	18,3	19,4	33,3	2,9	6,3	25,3	78,1	27,6	10,4	2,5	28,4	2,6	6,1	[illegible]
50	284,5	75,9	34,2	42,9	75,1	6,3	29,5	51,0	128,0	89,6	34,4	8,4	56,8	5,3	23,9	[illegible]
60	517,2	147,7	97,4	117,4	149,4	10,6	58,2	80,6	224,1	173,4	82,3	18,3	74,6	8,3	45,9	[illegible]
70	807,0	276,9	195,7	213,7	265,9	17,2	121,8	108,0	389,1	286,6	179,1	34,3	98,2	12,4	70,0	[illegible]
80	1114,2	444,0	344,8	328,8	401,7	28,3	189,1	137,1	678,4	447,5	310,0	57,7	144,1	19,4	137,6	[illegible]
90	1430,9	693,7	503,0	450,5	504,9	40,9	255,5	174,5	1045,6	666,6	491,8	93,2	194,0	35,3	220,1	[illegible]
100	1740,7	944,3	647,4	571,3	621,7	54,6	295,8	209,6	1372,0	914,6	720,8	132,9	264,7	60,3	307,7	[illegible]
110	2133,7	1245,4	778,1	690,6	726,9	67,4	341,0	241,5	1751,6	1169,6	935,1	192,4	337,6	100,2	384,9	[illegible]
120	2455,3	1545,5	926,7	780,6	821,0	83,9	384,9	284,3	2070,7	1347,6	1126,2	259,6	407,2	138,8	456,0	[illegible]
130	2718,3	1817,0	1070,8	858,6	931,0	99,8	425,3	332,7	2327,9	1497,1	1273,2	342,3	479,9	148,9*	512,4	[illegible]
140	2928,3	2044,0	1203,3	939,7	1071,7	122,5	464,7	365,8	2517,9	1639,4	1393,8	435,1	579,0	—	560,1	[illegible] (b. 13…)
150	3119,5	2242,7	1317,6	1022,5	1205,4	151,8	505,0	(b. 135 J.) 409,1*	2693,0	1782,6	1512,6	535,7	685,8	—	621,6	[illegible]
160	3355,6	2436,4	1433,6	1103,5	1354,0	195,1	552,9	—	2863,0	1931,3	1614,8	594,4*	788,6	—	675,5	—
170	3525,0	2613,9	1555,5	1180,9	1512,6	218,1	629,8	—	3033,6	2092,0	1728,4	—	897,1	—	722,6	—
180	3704,1	2798,5	1685,4	1247,0	1609,6	(b. 165 J.) 253,2*	761,6	—	3131,5	2252,7	1807,7	—	993,1	—	784,5	—
190	3869,2	2869,9	1816,4	1365,6*	(b. 175 J.) 2123,9*	—	854,9	—	(b. 175 J.) 3357,2*	2437,3*	(b. 177 J.) 1972,6*	—	1045,5	—	816,6	—
195	3942,7	3231,0*	1963,8	—	—	—	(b. 185 J.) 977,2*	—	—	—	—	—	(b. 185 J.) 1133,7*	—	(b. 185 J.) 935,0*	—
200	4216,5*	—	(b. 198 J.) 2135,2*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
210	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Die letzte Zahl jeder Rubrik ist immer „mit Rinde“ zu verstehen.

m Jahren.	III. Probefläche (1200—1350 m absoluter Höhe).								IV. Probefläche (1350—1500 m absoluter Höhe).							
	Klassenstämme von:								Klassenstämme von:							
	Fichten				Buchen		Tannen	Ahorn	Fichten				Buchen		Tannen	Ahorn
	I.	II.	III.	IV.	I.	II.			I.	II.	III.	IV.	I.	II.		

...ſenſtämme auf Grund von Stammanalyſen.

...ter:

0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	0,3	1,0	—	—	—	—	—	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—
0	3,5	3,2	0,8	0,4	—	2,0	—	1,3	4,0	—	—	—	—	—	—	—
0	6,8	6,0	3,0	2,4	2,8	3,5	—	3,1	7,0	0,1	0,7	0,7	1,0	0,4	—	—
0	11,0	10,0	5,6	3,6	4,8	4,8	—	4,8	10,0	0,7	2,0	2,6	2,0	1,4	—	—
0	14,8	12,5	8,6	4,6	6,2	5,6	1,4	6,2	14,0	1,8	3,5	4,1	3,0	2,1	0,4	—
0	18,0	15,0	11,9	5,4	7,7	6,6	3,0	7,2	18,0	2,8	5,0	5,4	4,6	2,9	1,5	—
0	21,5	17,0	13,8	6,2	10,6	8,0	5,2	9,1	21,8	4,0	6,5	7,0	6,3	3,7	2,4	—
0	24,5	19,8	15,6	6,9	12,7	9,1	7,3	10,6	26,0	7,0	7,8	8,4	8,0	4,6	4,0	—
0	27,2	22,0	17,6	8,1	15,5	10,1	9,2	12,0	29,1	9,0	9,0	9,4	9,8	5,6	5,9	—
0	29,4	24,3	19,0	9,7	17,1	10,9	11,6	14,2	30,8	11,3	11,0	10,7	10,9	6,4	7,6	—
0	31,0	25,8	20,4	10,6	18,6	11,6	14,7	15,7	32,5	13,2	12,8	12,0	12,7	7,1	9,3	—
0	32,4	27,0	21,5	11,4	19,8	12,4	17,5	16,4	34,0	15,5	14,6	13,3	14,7	8,0	11,0	—
0	34,1	28,0	22,4	11,9	20,9	13,1	19,4	(bei 125 J.) 17,4	35,4	18,2	15,8	14,4*	16,6	8,9	13,2	—
0	35,5	28,7	23,6	12,6	22,5	13,9	20,9	—	36,8	21,2	17,7	—	18,4	9,8	14,7	—
0	36,8	29,5	24,4	13,0	24,0	14,7	21,8	—	38,2	23,6	19,0	—	19,3	10,6	16,6	—
0	37,8	30,2	25,0	13,6	25,4	15,5	22,8	—	39,8	25,4	20,5	—	20,6	11,4*	19,0	—
0	38,6*	31,0	26,6	13,8 (bei 175 J.)	27,3	16,6*	23,7	—	41,4	26,9	21,3	—	22,4	—	22,0	—
0	—	32,5*	27,2 (bei 185 J.)	14,6*	29,0	—	25,0	—	42,8	28,4	22,6	—	23,2*	—	24,0*	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	28,0*	—	30,4*	—	25,8	—	43,8	29,8	23,5	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	28,0*	—	44,7	31,0	25,0*	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	46,0	33,0*	—	—	—	—	—	—

...ſenſtämme auf Grund von Stammanalyſen.

...cimeter:

0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	1,2	1,7	0,9	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,7	—	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	—
30	7,9	6,8	2,6	1,2	1,2	0,7	0,2	0,5	5,7	0,1	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	—
40	12,9	10,8	4,4	2,2	2,7	2,4	0,4	2,0	19,5	0,2	0,6	1,0	0,4	0,6	0,5	—
50	35,4	33,7	9,5	3,7	5,0	4,5	0,8	4,4	40,0	0,4	1,5	1,8	1,2	1,2	0,9	—
60	76,9	59,1	17,1	6,0	8,4	6,4	1,4	7,2	81,0	1,0	3,4	3,7	2,4	1,8	1,5	—
70	132,6	94,5	45,2	7,7	13,2	9,2	2,4	11,1	132,2	2,0	6,3	6,1	5,7	2,8	1,9	—
80	223,6	140,9	68,8	9,8	31,6	16,6	6,9	19,8	208,2	4,5	10,4	9,6	9,7	4,3	2,4	—
90	316,7	222,2	98,6	16,0	50,0	24,5	13,9	30,1	292,8	12,1	14,7	13,8	14,6	6,5	4,3	—
00	423,9	293,4	135,4	27,5	81,9	32,7	21,8	41,5	371,8	22,1	20,4	17,5	23,7	9,3	7,8	—
0	538,3	364,1	177,0	37,5	113,0	40,2	35,8	58,5	440,0	36,2	31,6	23,1	37,2	12,2	12,4	—
20	640,1	425,9	213,8	47,2	146,1	46,3	70,7	75,2	514,3	55,7	47,5	30,6	52,2	15,0	19,1	—
30	722,4	476,9	243,2	53,2	176,5	53,8	111,3	83,7	584,6	82,4	61,5	39,1	72,2	18,8	27,6	—
40	805,6	518,6	268,8	60,6	203,9	61,9	150,9	(bei 125 J.) 95,8*	665,6	117,3	74,7	46 2*	96,7	22,8	41,0	—
50	879,9	550,2	300,8	68,5	238,5	71,2	183,4	—	756,4	170,1	92,6	—	122,8	28 4	54,0	—
60	956,8	587,0	327,1	75,5	278,4	83,3	205,3	—	833,8	221,7	110,7	—	138,9	34'6	79,0	—
70	1022,0	625,2	351,4	83,4	316,6	96,3	226,4	—	925,5	271,3	130,4	—	162,1	39'9*	126,9	—
80	1088,9	666,6	388,8	87,1 (bei 175 J.)	385,0	108,9*	253,3	—	1014,9	317,3	147,4	—	192,6	—	188,2	—
90	1203,8*	748,1*	404,9 (bei 185 J.)	99,1*	437,2	—	294,2	—	1106,2	358,9	169,2	—	209 7*	—	226,9*	—
95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
00	—	—	450,5*	—	485,3*	—	326,5*	—	1171,8	405,4	189,0	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—	1230,8	458,0	200,0*	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—	—	—	1315,8*	524,5*	—	—	—	—	—	—

Tab. 14. Schaftformzahlen der einzel[…]

Schaftformzahlen b[…]

Alter in Jahren	I. Probefläche (900—1050 m absoluter Höhe). Klassenstämme von: Fichten I.	Fichten II.	Fichten III.	Fichten IV.	Buchen I.	Buchen II.	Tannen	Ahorn	II. Probefläche (1050—1200 m absoluter Höhe). Klassenstämme von: Fichten I.	Fichten II.	Fichten III.	Fichten IV.	Buchen I.	Buchen II.	Tannen	Aho[rn]
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	2,222	1,190	—	—	1,071	—	—	—	—	3,125	—	—	—
30	1,020	1,694	—	0,744	0,875	1,160	2,408	0,657	1,487	1,508	3,652	—	1,739	1,111	—	1,0[illegible]
40	0,618	0,713	1,152	0,589	0,399	0,700	0,772	0,505	0,964	0,549	0,584	3,469	0,845	0,864	1,102	0,6[illegible]
50	0,612	0,609	0,539	0,572	0,391	0,646	0,471	0,403	0,582	0,509	0,488	1,736	0,576	0,728	1,097	0,55[illegible]
60	0,502	0,548	0,511	0,577	0,393	0,602	0,429	0,383	0,410	0,488	0,457	0,895	0,470	0,648	0,516	0,5[illegible]
70	0,434	0,544	0,477	0,626	0,370	0,526	0,495	0,384	0,373	0,484	0,437	0,614	0,444	0,514	0,401	0,5[illegible]
80	0,437	0,466	0,464	0,644	0,412	0,511	0,554	0,407	0,383	0,472	0,498	0,572	0,418	0,411	0,459	0,5[illegible]
90	0,425	0,466	0,520	0,643	0,43[illegible]	0,485	0,540	0,3[illegible]5	0,420	0,461	0,519	0,545	0,398	0,436	0,469	0,5[illegible]
100	0,427	0,476	0,534	0,627	0,467	0,446	0,499	0,395	0,434	0,459	0,537	0,536	0,390	0,429	0,468	0,5[illegible]
110	0,423	0,484	0,508	0,606	0,470	0,441	0,472	0,404	0,461	0,464	0,536	0,545	0,368	0,409	0,502	0,4[illegible]
120	0,404	0,497	0,508	0,603	0,452	0,464	0,463	0,418	0,465	0,460	0,522	0,516	0,367	0,449	0,494	0,4[illegible]
130	0,409	0,506	0,501	0,594	0,442	0,481	0,456	0,409	0,474	0,458	0,504	0,508	0,365	0,417*	0,482	0,51[illegible]
140	0,413	0,513	0,501	0,593	0,432	0,504	0,441	0,410	0,470	0,456	0,503	0,506	0,368	—	0,479	0,5[illegible]
150	0,415	0,516	0,502	0,566	0,439	0,464	0,433	(b. 135 J.) 0,427*	0,465	0,453	0,497	0,505	0,376	—	0,492	(bei 13[illegible]) 0,5[illegible]
160	0,420	0,514	0,500	0,559	0,441	0,468	0,425	—	0,458	0,450	0,488	0,520*	0,377	—	0,495	—
170	0,416	0,514	0,500	0,566	0,433	0,466	0,433	—	0,450	0,450	0,489	—	0,371	—	0,493	—
180	0,417	0,517	0,496	0,555	0,433	(b. 165 J.) 0,497*	0,445	—	0,450	0,449	0,486	—	0,367	—	0,495	—
190	0,420	0,503	0,491	0,561*	(b. 175 J.) 0,537*	—	0,432	—	(bei 175 J.) 0,449*	0,455*	(b. 177 J.) 0,511*	—	0,363	—	0,496	—
195	0,420	0,526*	0,494	—	—	—	(b. 185 J.) 0,464*	—	—	—	—	—	(bei 185 J.) 0,367*	—	(bei 185 J.) 0,499*	—
200	0,426*	—	(bei 198 J.) 0,491*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
210	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Die letzte Zahl jeder Rubrik ist immer „mit Rinde" zu verstehen.

Zeitpunkt der Kulmination des laufend-jährlichen Zuwachses der einzelnen Klassenstämme in Bezug a[…]

Tab. 3. Kulmination des laufenden jährlichen Höhenzuwachses bei den einzelnen untersuchten Klassenstämmen.

Centimeter:

Holzarten.	Stamm-klassen.	Probeflächen I. (900—1050) Alter	I. Zuwachs-betrag	II. (1050—1200) Alter	II. Zuwachs-betrag	III. (1200—1350) Alter	III. Zuwachs-betrag	IV. (1350—1500) Alter	IV. Zuwachs-betrag
Fichten	I	30—40	58	50—60	57	100—110	21	30—40 100—110	18 13
	II	20—30 80—90	33 53	40—50	44	30—50	17	90—110	10
	III	30—40	52	50—60	39	50—60	18	90—100	9
	IV	50—60	41	50—60	22	40—60	7	120—130	6
Buchen	I	30—40	48	70—90	20	80—90	15	100—110	14
	II	40—50	19	90—100	21	120—130	11	140—150	8
Tannen		40—60	61	50—70	37	100—110	16	160—170	14
Ahorn		40—50	42	30—40	29	70—80	19	—	—

Tab. 8. Kulmination des laufenden jährlichen Brusthöhen-Durchmesser-Zuwachses d. i. der doppelten Jahrringbreiten.

Millimeter:

Holzarten.	Stamm-klassen.	I. Alter	I. Zuwachs-betrag	II. Alter	II. Zuwachs-betrag	III. Alter	III. Zuwachs-betrag	IV. Alter	IV. Zuwachs-betrag
Fichten	I	30—40	8,8	50—60	5,7	40—50	4,2	80—90	4,2
	II	30—40	5,4	30—40	5,0	40—50	4,0	140—150	3,0
	III	30—40	4,4	40—50	4,0	60—70	3,3	100—110	2,0
	IV	50—60	3,7	50—60 70—80	2,5 2,5	100—110	1,6	40—50 70—80	1,9 1,6
Buchen	I	20—30	4,2	30—50	4,5	70—80	2,9	120—130	2,0
	II	20—30 150—160	1,4 2,1	100—110	2,9	30—40 70—80	1,5 1,4	90—100	1,0
Tannen		30—50	3,7	30—40	4,5	110—120	3,1	170—180	3,0
Ahorn		20—30	3,5	30—40 100—110	2,3 2,3	100—110	2,2	—	—

…nstämme auf Grund von Stammanalysen.

… vom Boden.

… in Jahren.	III. Probefläche (1200—1350 m absoluter Höhe). Klassenstämme von: Fichten I.	Fichten II.	Fichten III.	Fichten IV.	Buchen I.	Buchen II.	Tannen	Ahorn	IV. Probefläche (1350—1500 m absoluter Höhe). Klassenstämme von: Fichten I.	Fichten II.	Fichten III.	Fichten IV.	Buchen I.	Buchen II.	Tannen	Ahorn
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,259	2,361	2,739	—	—	1,372	—	3,333	1,252	—	—	—	—	—	—	—
	0,689	0,728	2,271	2,200	2,500	1,052	—	1,250	9,964	—	—	—	2,515	—	—	—
	0,571	0,609	0,950	1,370	1,112	0,834	—	0,872	0,767	5,556	2,273	2,000	2,000	4,210	—	—
	0,559	0,558	0,723	1,039	0,875	0,640	—	0,615	0,666	1,429	1,260	1,295	1,429	1,879	—	—
	0,545	0,534	0,543	0,837	0,669	0,552	1,805	0,525	0,566	1,042	0,985	1,019	1,153	1,217	7,035	—
	0,554	0,549	0,499	0,710	0,641	0,592	1,369	0,420	0,537	0,912	0,787	0,851	0,845	1,057	2,822	—
	0,530	0,571	0,491	0,831	0,554	0,643	1,067	0,421	0,478	0,699	0,699	0,739	0,635	0,933	1,653	—
	0,510	0,559	0,481	0,912	0,529	0,601	0,742	0,418	0,454	0,616	0,559	0,667	0,554	0,845	1,111	—
	0,484	0,523	0,495	0,805	0,551	0,576	0,603	0,390	0,434	0,548	0,512	0,626	0,564	0,792	0,765	—
	0,480	0,506	0,502	0,801	0,561	0,533	0,562	0,373	0,424	0,542	0,512	0,588	0,531	0,765	0,624	—
	0,479	0,484	0,499	0,746	0,557	0,478	0,545	0,367	0,415	0,520	0,466	0,541	0,511	0,723	0,537	—
	0,467	0,475	0,494	0,738	0,521	0,450	0,573	(bei 125 J.) 0,372*	0,415	0,496	0,443	0,545*	0,503	0,634	0,506	—
	0,456	0,470	0,484	0,703	0,491	0,418	0,568	—	0,411	0,492	0,405	—	0,491	0,573	0,441	—
	0,450	0,462	0,479	0,695	0,470	0,406	0,555	—	0,411	0,488	0,398	—	0,479	0,561	0,440	—
	0,446	0,460	0,470	0,685	0,443	0,401	0,538	—	0,411	0,482	0,384	—	0,470	0,559*	0,466	—
	0,449	0,455	0,445	0,682	0,442	0,396*	0,532	—	0,405	0,473	0,387	—	0,461	—	0,467	—
	0,452*	0,465*	0,439 (bei 185 J.)	(bei 175 J.) 0,697*	0,426	—	0,530	—	0,404	0,458	0,377	—	0,467*	—	0,473*	—
	—	—	—	—	—	—	0,530	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	0,460*	—	0,430*	—	—	—	0,400	0,448	0,370	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	0,544*	—	0,393	0,442	0,381*	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	0,388*	0,449*	—	—	—	—	—	—

…, Stammgrundfläche, Jahrringbreite und Schaftholzmasse mit Angabe der größten Zuwachsbeträge.

Holzarten.	Stamm-klassen.	Probeflächen I. (900—1050) Alter.	I. Zuwachs-betrag	II. (1050—1200) Alter.	II. Zuwachs-betrag	III. (1200—1350) Alter.	III. Zuwachs-betrag	IV. (1350—1500) Alter.	IV. Zuwachs-betrag
Tab. 7. Kulmination des laufenden jährlichen Grundflächenzuwachses.									
Quadrat-Centimeter:									
Fichten	I	60—70	24,3	70—80	24,6	90—100	11,0	80—90 170—180	15,8 10,2
	II	70—80	13,8	100-110	16,3	100—110	8,4	140—150	9,3
	III	70—80	11,9	90—100	13,6	90—100 170—180	5,2 6,5	140—150	5,0
	IV	100—110	7,0	130—140	6,9	100—110	2,2	—	—
Buchen	I	60—70	12,5	130—140	9,5	170—180	7,8	170—180	6,1
	II	90—100 150—160	2,1 5,1	100—110	6,1	70—80 160—170	1,6 1,9	140—150	1,3
Tannen		60—70 170—180	6,4 7,0	90—100	8,6	120—130	7,1	170—180	9,6
Ahorn		80—90	4,5	100—110	6,8	100—110	4,5	—	—
Tab. 11. Kulmination des laufenden jährlichen Schaftholz-Massenzuwachses.									
Cubik-Decimeter:									
Fichten	I	100—110	39,30	100—110	37,96	100—110	11,44	160 170	9,17
	II	100—110	30,11	100-110	25,55	80—90	8,13	140—150	5,28
	III	80—90	15,82	90—100	22,95	100—110	4,16	160—170 190—200	1,97 2,98
	IV	80—90	12,17	100—110 140—150	5,95 10,06	90—100	1,15	—	—
Buchen	I	70—80 160—170	13,58 15,86	100—110 160-170	7,29 10,85	110—120 170—180	3,31 6,84	140—150 170—180	2,61 3,05
	II	110—120 150—160	2,65 4,33	100—110	3,99	90—100 160—170	0,82 1,30	110—120 150—160	0,48 0,62
Tannen		80—90 170—180	6,73 13,18	90—100	8,76	120—130 180—190	4,06 4,09	120—130 170—180	0,85 6,13
Ahorn		80—90 120—130	3,70 4,84	80—90 120—130	5,05 7,22	100—110	1,70	—	—

arten ein verschiedener war. Nach dem Verlaufe der experimentell gefundenen Höhenkurven nahm ich diesen Zeitraum für Fichten, Buchen und Ahorn = 25 Jahre und für die Tanne = 10 Jahre an, weil diese Tannen offenbar als Vorwüchse dem übrigen Bestande vorausgeeilt waren.

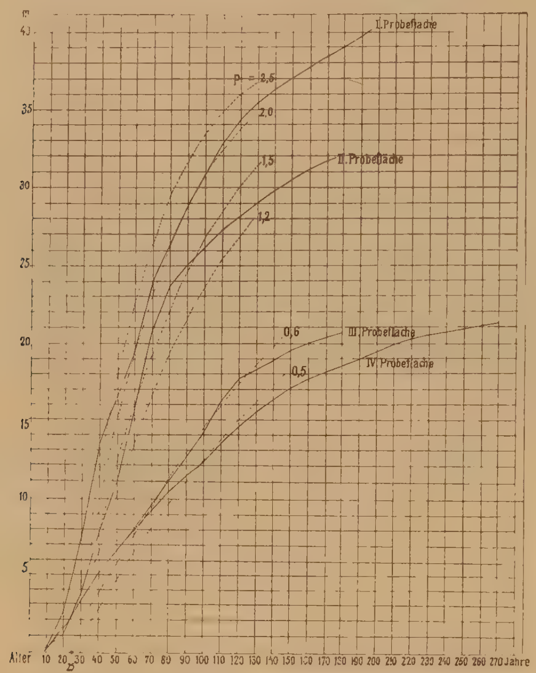


Fig. 2.

Graphische Darstellung der Höhenzuwachs-Kurven der ersten Klassenstämme von Fichten jeder der vier Probeflächen, verglichen mit den punktirten Kurven von $40\left(1 - \frac{1}{1{,}op^x}\right)$

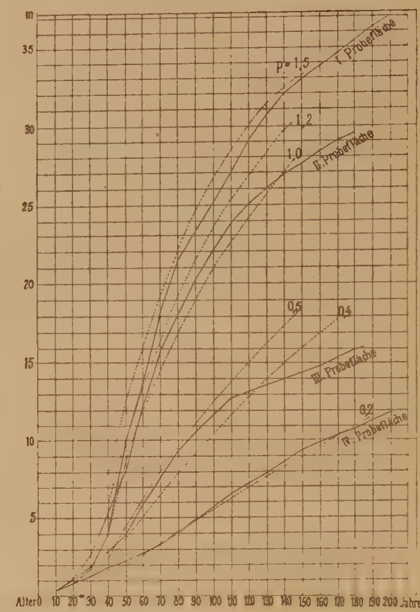


Fig. 3.

Graphische Darstellung der Höhenzuwachs-Kurven der dritten Klassenstämme von Fichten jeder der vier Probeflächen, verglichen mit den punktirten Kurven für $40\left(1 - \frac{1}{1{,}op^x}\right)$

Diese Ergebnisse zeigen ganz deutlich, daß die Höhenwachsthumsenergie des Baumes mit der Zunahme der absoluten Höhe des Standorts allmählich kleiner wird (siehe Tabelle 4).

Tab. 4.

h_{max} in m	Jugendstadium in Jahren	Holzarten	Stammklassen	Probeflächen I 900—1050 m	II 1050—1200 m	III 1200—1350 m	IV 1350—1500 m
				p der Exponentialfunktion			
40	25	Fichten	I	2,20	1,50	0,60	0,50
			II	2,00	1,30	0,55	0,23
			III	1,42	1,10	0,46	0,21
			IV	1,40	0,65	0,22	0,14
	10	Tannen		0,70	0,60	0,19	0,16
30	25	Buchen	I	1,80	1,00	0,41	0,31
			II	0,90	0,80	0,37	0,20
		Ahorn		2,00	1,50	0,46	—

Greifen wir ein Beispiel heraus, und zwar den Fichtenprobestamm II. Klasse. In der I. Probefläche bei 900—1050 m ist p = 2,00; 150 m höher, also bei Probefläche II p = 1,30; noch 150 m höher, also bei Probefläche III p = 0,55, d. h. beinahe 1/4 von Probefläche I und endlich bei Probefläche IV, 450 m höher, ist p nur noch 1/9 oder p = 0,23. Verfolgen wir den Verlauf der durchschnittlichen p für sämmtliche Fichtenklassenstämme so haben wir im großen Durchschnitt folgende Verhältnißzahlen:

Probefläche I II III IV
wie 100 : 66 : 26 : 16.

Bei den andern Holzarten ist diese Abnahme der Höhenwachsthumsenergie mit zunehmender Höhe, wie aus folgenden Zahlen herausgeht, ebenso deutlich.

Durchschnittliche p der Probestämme der Buchen:

Probefläche I II III IV
wie 100 : 67 : 29 : 19.

Bei Tannenstämmen die

Probefläche I II III IV
wie 100 : 86 : 27 : 23.

Hieraus entnehmen wir, daß die Höhenwachsthumsenergie der Tanne mit steigender Höhe langsamer abnimmt, als dies bei der Fichte der Fall ist, vermuthlich weil die Tannen vorwiegend dem Nebenbestande angehörten und daher dem Einflusse des Klimas nicht so unmittelbar ausgesetzt waren, wie die Fichten.

Bei Ahorn konnte ich nur die 3 ersten Probeflächen vergleichen, da in der IV. Probefläche diese Holzart nicht mehr vorhanden war; immerhin konnte ich den Beweis liefern, daß auch diese Holzart dem Gesetz deutlich folgt, nämlich:

Probefläche I II III
wie 100 : 75 : 23.

b. Zuwachs des Brusthöhendurchmessers.

Während der Grundflächenzuwachs sowohl hinsichtlich der wirklichen Massenzunahme eines Baumes als auch bezüglich der Berechnung der Formzahlen eine größere Wichtigkeit besitzt, so ist der Durchmesserzuwachs praktisch bedeutungsvoller, weil er stets als das unmittelbare Ergebniß der Messungen am stehenden Baume erscheint und für die Verwendbarkeit der Stämme zu den verschiedenen Gebrauchszwecken fast ausschließlich maßgebend ist. Entsprechend dieser Wichtigkeit beider Größen habe ich die Stammgrundflächen g der Klassenstämme bei den verschiedenen Altern in Tab. 5 (S. 8, 9) und Tab. 6 (S. 10, 11) und die zugehörigen Brusthöhen-Durchmesser (Grundstärken D) in Tabelle 7 (S. 13) zusammengestellt. Da es der Raum nicht gestattet, die von mir gleichfalls berechneten Zahlen-Differenzen über die Größe des laufenden Grundflächen- und Durchmesserzuwachses hier mitzutheilen, so ziehe ich daraus wenigstens die Angaben über den Zeitpunkt der Kulmination beider heraus (Tab. 7 S. 13 u. 8 S. 12). Wenn man den Wachsthumsgang des Durchmessers durch Stammanalysen kennen gelernt hat, so kann man daraus den Wachsthumsgang der Stammgrundfläche durch Anwendung der Kreisflächentafel leicht ableiten.

Diesem Gedanken zufolge habe ich mir nähere Betrachtungen über den Wachsthumsgang der Grundfläche erspart und ging deshalb direkt zu den Betrachtungen über den Wachsthumsgang des Durchmessers bei der Brusthöhe über. Denn wenn die Grundflächen nach der Multiplenreihe $g = px$ ansteigen, so müssen folgerichtig auch die Brusthöhendurchmesser D nach der Formel von Prof. Weber $D = \sqrt{\frac{4px}{\pi}}$ mit dem Alter zunehmen, wobei D = Durchmesser bei x Jahren, p = Wachsthumsenergie, bezogen auf den Flächenzuwachs, und $\pi = 3{,}1416$ bedeutet. Auf Fig. 4 und 5 sind meine Resultate neben diesen Schema graphisch dargestellt. (Erste durch schwarze Linien, zweite durch punktirte Linien.)

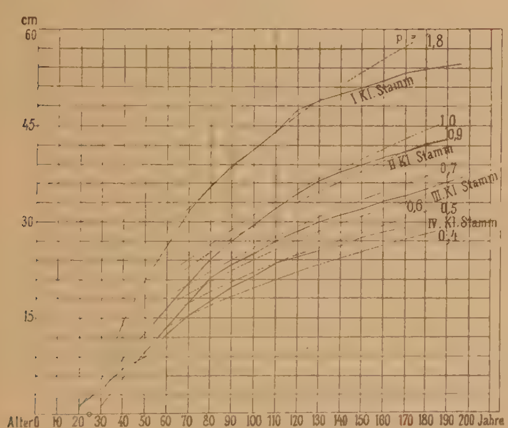


Fig. 4.

Brusthöhen-Durchmesser sämmtlicher vier Klassenstämme von Fichten der ersten (untersten) Probefläche, verglichen mit den punktirten Kurven der Formel $D = \sqrt{\frac{4px}{\pi}}$.

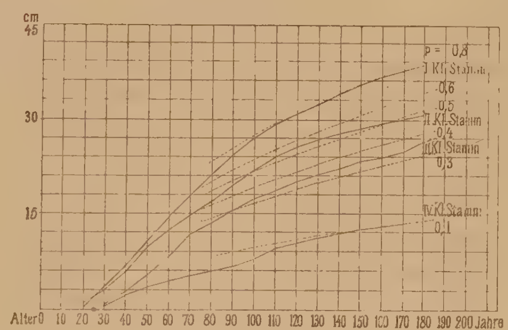


Fig. 5.

Brusthöhen-Durchmesser sämmtlicher vier Klassenstämme von Fichten der dritten Probefläche, verglichen mit den punktirten Kurven der Formel $D = \sqrt{\frac{4px}{\pi}}$.

Aus diesen Figuren konnten meistens mit einer hinreichenden Sicherheit die Ergebnisse für p abgelesen oder wenigstens näherungsweise eingeschätzt werden, wie sie in Tabelle 9 auf folgender Seite zusammengestellt sind.

Diese Zahlen lehren uns, daß auch beim Brusthöhendurchmesser die Wachsthumsenergie mit steigender absoluter Höhe abnimmt.

Doch ist diese Abnahme des Durchmesserwachsthums mit steigender absoluter Höhe nicht so stark und nicht so regelmäßig wie beim Höhenwachsthum, denn bei den 2 untersten Probeflächen, die zwischen 900 bis 1200 m liegen, zeigen die Resultate für p keinen großen Unterschied, (ja bei den Fichten- und Ahornbeständen stimmen sie im Durchschnitte ziemlich überein).

Tab. 9.

Dickenzuwachs p nach $D = \sqrt{\frac{4px}{\pi}}$

Jugendstadium in Jahren	Holzarten	Stammklassen	Probefläche I 900—1050 m	II 1050—1200 m	III 1200—1350 m	IV 1350—1500 m
			Konstante p der obigen Funktion			
25	Fichten	I	1,80	1,60	0,80	0,90
		II	0,98	1,10	0,55	0,39
		III	0,67	0,90	0,34	0,20
		IV	0,49	0,30	0,10	0,10
	Tannen		0,42	0,50	0,28	0,18
	Ahorn		0,38	0,38	0,15	—
35	Buchen	I	0,95	0,75	0,36	0,20
		II	0,15	0,15	0,12	0,07

Demnach zeigen alle Holzarten in der III. Probefläche entschieden kleinere p, in der IV. ist es noch ausgeprägter. Die Ursache, warum diese Abnahme des Dickenzuwachses mit steigender absoluter Höhe nicht so deutlich hervortritt, hängt wahrscheinlich mit der verschiedenen Vertheilung des Flächenzuwachses auf die einzelnen Theile des Baumschaftes zusammen. Von diesem verschiedenen Dickenwachsthum ist bekanntlich die Wuchsform des Baumes abhängig, die selbst wieder von dem Schlußgrade oder dem Lichtstande beeinflußt wird. Namentlich ist nach Rob. Hartig die Zunahme der in 1,3 m gemessenen Stammgrundflächen im Verhältnisse zu jener der oberen Querschnittflächen erheblich nach Alter und Bestandschluß verschieden. Geschlossene Bestände in hohem Alter zeigen im oberen Theil des Schaftes eine größere Wachsthumsenergie als bei der Brusthöhe, während es bei nicht geschlossenen und mehr noch bei freistehenden Bäumen umgekehrt ist. — Mehr darüber siehe Prof. Rob. Hartig: „Ueber das Dickenwachsthum der Waldbäume", Zeitschrift für das Forst- und Jagdwesen, Jahrg. 1870, sowie desselben „Rentabilität der Fichtennutzholz- und Buchenbrennholzwirthschaft" und in einem späteren Abschnitt dieser Abhandlung über Formzuwachs. — Die erste Probefläche war am besten geschlossen, die vierte am schlechtesten. Es hatte sich also bei Probefläche I die größte Dickenzuwachsenergie im oberen Theile des Schaftes hingezogen; in der IV. dagegen fand sie offenbar noch bei der Brusthöhe statt. Bei steigender absoluter Höhe nimmt in Folge dessen die Durchmesserwachsthumsenergie vom oberen Theil des Schaftes nach unten zu; deshalb kann man aus der ausschließlichen Messung des Brusthöhendurchmessers keinen richtigen Schluß auf den Einfluß der Meereshöhe auf den Zuwachs ziehen. Zu einer genaueren Untersuchung dieses Wachsthumsganges wären Durchmessermessungen bei verschiedenen Höhen des Schaftes nöthig.

c. Massenzuwachs.

Es ist selbstverständlich, daß der Massenzuwachs des einzelnen Baumes bei steigender absoluter Höhenlage immer kleiner wird, wenn Höhen- und Dickenwachsthum kleiner werden, was in letztem und vorletztem Abschnitt bewiesen wurde. Um die Massenzunahme der einzelnen Klassenstämme näher zu prüfen, habe ich die durch Stammanalysen erhaltenen Massen der Einzelbäume in Tabelle 11 übersichtlich zu machen gesucht; ferner habe ich die Differenzen dieser Reihen zur Berechnung des laufend-jährlichen Massenzuwachses benützt, wovon ich indessen nur die Kulminationspunkte hier anführen will (siehe Tabelle 11 S. 13).

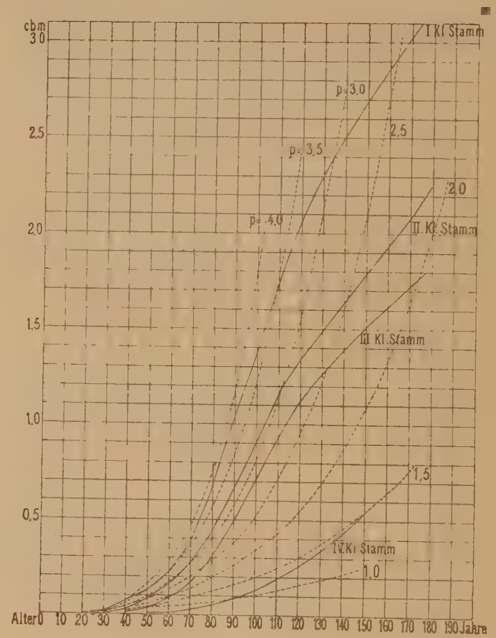


Fig. 6. Massen-Kurven sämmtlicher vier Klassenstämme von Fichten der zweiten Probefläche verglichen mit den punktirten Kurven einiger Zinseszinsreihen.

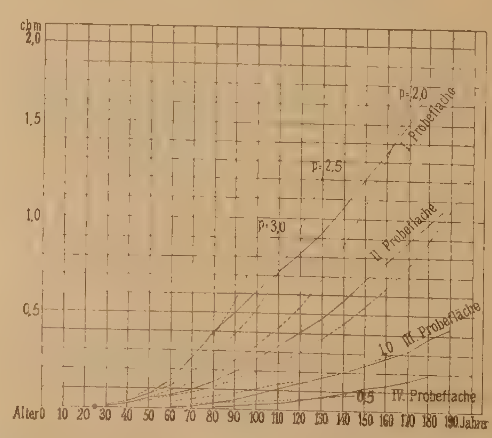


Fig. 7. Massen-Kurven der ersten Klassenstämme von Buchen jeder der vier Probeflächen verglichen mit den punktirten Kurven einiger Zinseszinsreihen.

Schließlich wurden diese Massenreihen durch Kurven dargestellt nach der Methode von Prof. Dr. Weber (Fig. 6 und 7). Auf der Abzissenaxe wurde die Zeit aufgetragen, der kubische Inhalt des Baumes dann als Ordinate. Die Verbindungslinie der Endpunkte dieser Ordinaten zeigt uns dann den Wachsthumsgang des Baumes. Sie unterstützen auch die Erkenntniß der Wachsthumsgesetze, indem sie den Volumenzuwachs als eine Funktion der Zeit erscheinen lassen und seinen Gang mit dem Kurvenverlauf bekannter Progressionen zu vergleichen gestatten, wodurch für gegenseitige Vergleichung verschiedener Reihen brauchbare Anhaltspunkte gewonnen werden. Zur Vergleichung habe ich in dem Fall die Kurve der Zinseszinsreihe K $(1,op^x - 1)$ als punktirte Linie aufgetragen.

Im Folgenden sind die Resultate dieser Vergleichungen übersichtlich angeordnet.

Tab. 12.

Jugendstadium in Jahren	Holzarten	Klassenstamm	Probefläche I 900—1050 m: frühere — spätere	I: mittlere	II 1050—1200 m: frühere — spätere	II: mittlere	III 1200—1350 m: frühere — spätere	III: mittlere	IV 1350—1500 m: frühere — spätere	IV: mittlere
			p der Zinseszinsreihen							
25	Fichten	I	6,0—3,0	4,50	3,8—2,5	3,15	2,3—1,7	2,00	2,0—1,5	1,75
		II	3,2—2,3	2,75	3,2—2,0	2,60	1,8—1,4	1,60	0,5—0,9	0,70
		III	2,8—1,9	2,35	2,7—2,0	2,35	1,2—9	1,05	0,3—0,6	0,35
		IV	2,7—1,8	2,25	1,0—1,5	1,25	0,4	0,40	0,3	0,30
	Buchen	I	3,0—1,9	2,45	1,2	1,20	1,0	1,0	0,6	0,60
		II	0,7	0,70	0,7	0,70	0,4	0,4	0,2	0,20
	Ahorn		2,0—1,4	1,70	1,0—1,5	1,25	0,4—0,6	0,50	—	—
35	Tannen		2,5—1,5	2,00	2,2—1,5	1,85	0,4—0,8	0,60	0,2—0,6	0,40

Daraus tritt deutlich hervor, daß mit steigender absoluter Höhe der Massenzuwachs des einzelnen Baumes abnimmt. Im großen Durchschnitte ist das Verhältniß der Grundzahl p bei den I. Fichtenklassenstämmen der

Probefläche I II III IV
wie 100 : 70 : 44 : 39

und durchschnittliche mittlere p aller Fichtenklassenstämme bei

Probefläche I II III IV
wie 100 : 79 : 43 : 26.

Im Buchenbestand durchschnittliche mittlere p aus allen Klassenstämmen bei

Probefläche I II III IV
wie 100 : 66 : 44 : 25.

Beim Ahorn sind mittlere p des Klassenstammes bei

Probefläche I II III
wie 100 : 74 : 29.

Beim Tannenbestand mittlere p des Klassenstammes bei

Probefläche I II III IV
wie 100 : 93 : 30 : 20.

Die graphischen Darstellungen zeigen uns, daß bei Probefläche I und II für die untersuchten Probestämme beim Massenzuwachsgang eine geraume Zeit (meistens 30—110 Jahre) hindurch dieselbe Analogie stattfindet, indem der Anfang und die größere Strecke der Wachsthumskurve stets konkav ist und nach demselben Gesetze ansteigt wie die Zinseszinsreihe. Im höheren Alter (meistens über 110 Jahre) nähert sich dann die Zuwachskurve einer Geraden und schneidet auf dieser Strecke die Kurven der Exponentialreihen. Auf Probefläche III und IV dagegen zeigen die untersuchten Probestämme vom Anfang bis zum Ende immer dieselbe Kurve, die sich einer geraden Linie sehr annähert, oder anders ausgedrückt: Je größer die absolute Höhe, desto später weicht deren Ertragskurve von der Zinseszinsreihe ab, und desto längere Zeit geht sie mit einer und derselben Exponentialreihe proportional, um so weniger Schwankungen zeigt der Zuwachsgang.

d. Der Formzuwachs und die Formzahlen.

Es kommt hier zuerst der Formzuwachs in Betracht, d. h. die Art, wie sich der Zuwachs auf die einzelnen Partien eines Baumes vertheilt. Nach diesen Erörterungen werden dann die Formzahlverhältnisse leichter verständlich sein.

Aus den zahlreichen von mir als Hilfsmittel der Berechnung gezeichneten graphischen Darstellungen der Stammanalysen, welche sich aber wegen ihrer großen Zahl nicht für die Veröffentlichung eignen, konnte ich deutlich ersehen, daß mit steigender absoluter Höhe des Standortes die Form des Baumes von der Kegelform in die Neiloidform übergeht. Insbesondere ließen die verschiedenen Jahrring Zonen der dominirenden Stämme

beim gegenseitigen Vergleiche erkennen, daß die Wachsthumsenergie des Baumes mit steigendem Alter bei den tief gelegenen Probeflächen vom unteren Theil des Stammes nach oben verhältnißmäßig stärker zunimmt, während sie umgekehrt bei den höheren Probeflächen von oben nach unten zunimmt. Dies ist ganz leicht erklärlich, da der Kreisflächenzuwachs in der Baumkrone deutlicher, als beim astfreien Schafte von oben nach unten zunimmt (nach Prof. R. Hartig); während andererseits wegen der lichteren Stellung und des geringeren Schlusses die Größe der Krone beim Steigen allmählich zunimmt, bis sie endlich in den höchsten Lagen bis zum Boden herunterreicht.

Den zahlenmäßigen Beweis dafür habe ich auf Tab. 13 geführt, worin als Beispiel das periodische Wachsthum der Kreisfläche in 3 verschiedenen Schafthöhen für die I. und II. Klassenstämme der Fichte berechnet und dargestellt werden; zum Voraus soll bemerkt werden, daß nur die 10jährigen Perioden vom 100. Jahre an in Vergleich gezogen werden, da unter diesem Alter die Höhe von 3/4 des Schaftes meist noch nicht erreicht ist. Daraus kann man Folgendes entnehmen:

Tab. 13. Die Größe des Kreisflächenzuwachses in 3 verschiedenen Schafthöhen des Baumes.

Jahre	Probefläche I (900—1050 m) in 1,3 m	I in 1/2 des Schaftes	I in 3/4 des Schaftes	II (1050—1200 m) in 1,3 m	II in 1/2 des Schaftes	II in 3/4 des Schaftes	III (1200—1350 m) in 1,3 m	III in 1/2 des Schaftes	III in 3/4 des Schaftes	IV (1350—1500 m) in 1,3 m	IV in 1/2 des Schaftes	IV in 3/4 des Schaftes
	Quadrat-Centimeter											
A. Für den I. Klassenstamm des Fichtenbestandes.												
40— 50	186	—	—	80	—	—	59	—	—	41	—	—
70— 80	188	101	—	246	102	—	109	—	—	119	—	—
100—110	214	190	39	197	162	81	98	88	—	80	37	—
130—140	78	64	39	104	73	42	89	41	7	76	38	—
150—160	80	54	45	102	70	32	74	37	7	82	36	5
160—170	99	46	43	113	56	41	58	27	7	98	37	6
170—180	67	48	31	—	—	—	48	28	12	102	33	5
180—190	43	38	32	—	—	—	—	—	—	93	49	7
B. Für den II. Klassenstamm des Fichtenbestandes.												
40— 50	66	—	—	75	—	—	51	—	—	—	—	—
70— 80	138	—	—	125	—	—	50	—	—	7	—	—
100—110	129	97	52	163	114	40	84	43	—	26	—	—
130—140	81	59	62	93	50	29	43	19	—	71	8	
150—160	75	58	47	93	50	38	36	18	6	84	22	—
160—170	63	48	50	95	47	45	33	18	6	70	27	—
170—180	72	41	45	92	59	42	39	18	8	61	32	6
180—190	60	56	40	—	—	—	—	—	—	65	29	7

Tab. 13 A Probefläche I; die Stammgrundfläche (d. h. bei 1,3 m) nimmt von der Periode 100—110 Jahre bis zur letzten 180—190 Jahre bedeutend ab um 79,7%; bei 3/4 der Höhe ist die Abnahme nicht so stark; sie beträgt nämlich nur 18%. Anderseits beträgt bei der letzten Periode 180—190 Jahre die Kreisfläche bei 3/4 der Höhe noch 74,4% der Grundfläche für die gleiche Periode, während sie für die Periode 100—110 nur 18,2% betrug. Bei Probefläche IV tritt die Abnahme des Zuwachses der Grundfläche mit zunehmendem Alter nicht so scharf hervor, wie bei I. Der periodische Zuwachs für 180—190 Jahre ist nämlich 116% desselben von 100—110 Jahre; ja im höheren Alter wird sogar der Kreisflächenzuwachs in der Brusthöhe in IV (93 qcm) größer wie bei I (43 qcm); dagegen viel kleiner in 3/4 der Stammhöhe (32 : 7).

Um diese Verhältnisse für jede Probefläche leicht vergleichen zu können, nehmen wir den periodischen Kreisflächenzuwachs des Stammes bei Brusthöhe als 100 an; es kommen dann folgende Prozente heraus:

	I. Klassenstamm Querschnitte in 1,3 m : 1/2 Höhe : 3/4 Höhe	II. Klassenstamm Querschnitte in 1,3 m : 1/2 Höhe : 3/4 Höhe
Für Periode 100—110 Jahre		
auf Probefl. I	100 : 88,8 : 18,2	100 : 75,2 : 40,3
„ „ II	100 : 82,2 : 41,1	100 : 69,4 : 24,6
„ „ III	100 : 94,6 : —	100 : 51,2 : —
„ „ IV	100 : 46,2 : —	100 : — : —
Für Periode 130—140 Jahre		
„ „ I	100 : 82,0 : 50,0	100 : 72,9 : 76,5
„ „ II	100 : 70,2 : 40,4	100 : 53,8 : 31,2
„ „ III	100 : 46,1 : 7,9	100 : 44,1 : —
„ „ IV	100 : 50,0 : —	100 : 11,3 : —

	I. Klassenstamm Querschnitte in			II. Klassenstamm Querschnitte in		
	1,3 m	$^1/_2$ Höhe	$^3/_4$ Höhe	1,3 m	$^1/_2$ Höhe	$^3/_4$ Höhe
Für Periode 150—160 Jahre						
auf Probefl. I	100 :	67,5 :	56,2	100 :	77,4 :	62,7
„ „ II	100 :	68,6 :	31,4	100 :	53,8 :	40,8
„ „ III	100 :	50,0 :	9,5	100 :	50,0 :	17,4
„ „ IV	100 :	43,8 :	6,1	100 :	26,2 :	—
Für Periode 160—170 Jahre						
„ „ I	100 :	46,4 :	43,4	100 :	76,2 :	79,4
„ „ II	100 :	49,5 :	36,3	100 :	49,5 :	47,4
„ „ III	100 :	46,5 :	12,1	100 :	54,5 :	18,2
„ „ IV	100 :	37,8 :	6,1	100 :	38,6 :	—
Für Periode 170—180 Jahre						
„ „ I	100 :	71,6 :	41,2	100 :	56,9 :	62,5
„ „ II	100 :	— :	—	100 :	64,1 :	45,6
„ „ III	100 :	58,7 :	25,0	100 :	46,1 :	20,5
„ „ IV	100 :	32,3 :	4,9	100 :	52,5 :	6,8

Also sehen wir ganz deutlich, daß bei höherem Alter (hier über dem sogenannten angehenden Haubarkeitsalter) die Zuwachsenergie der Kreisfläche mit steigender absoluter Höhe im oberen Theile des Schaftes (in $^3/_4$ Höhe; in $^1/_2$ Höhe auch bei I. Klassenstamm) regelmäßig abnimmt, während sie im unteren Theile des Schaftes dagegen zunimmt.

Die Formzahlen. Das unmittelbare Ergebniß der Division mit dem Produkt von Grundfläche (bei 1,3 m) mal Höhe in die Masse des Schaftes ist in Tabelle 14 ausgeschieden nach Probeflächen und nach Klassenstämmen für die 10jährigen Altersstufen zusammengestellt. Das Material hierzu lieferten einerseits die sektionsweise Kluppirung in 1 m Abstand, dann die Stammanalysen in der oben beschriebenen Weise, wobei erstere die letzteren auf graphischem Wege zu ergänzen gestattete.

Von dem gewöhnlich befolgten Verfahren der Massenberechnung des wirklichen Inhaltes habe ich absichtlich eine Abweichung dadurch begangen, daß ich die Masse des zwischen Abhiebsstelle und der Bodenoberfläche befindlichen Stammtheiles zu der oberirdischen Holzmasse einrechnete. Der Beweggrund hierfür war der, daß in den Hochlagen diese Stammpartie einen auffallend großen Prozentsatz des ganzen Stamminhaltes ausmacht, während er in den Tieflagen nur einen verhältnißmäßig kleinen Bruchtheil beträgt. Eine Vergleichung der Schaftformzahlen zwischen den genannten Standortsverschiedenheiten ist daher nur dann richtig, wenn man diesen sogen. Wurzelhals mit einrechnet.

Um zuerst die Formzahlenveränderungen, nach dem Lebensalter, anschaulich darzustellen, habe ich aus einer größeren Zahl von graphischen Darstellungen als Beispiel auf Fig. 8 die Klassenstämme III des Fichtenbestandes graphisch aufgetragen. Die Veränderungen der Schaftformzahlen für alle Klassenstämme stehen berechnet auf der Tab. 14 (siehe S. 12, 13).

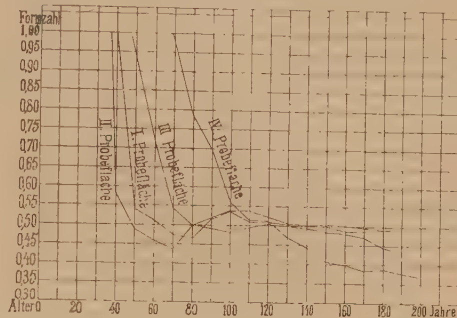


Fig. 8.
Schaftformzahlen der dritten Fichten-Klassenstämme aller vier Probeflächen.

Es zeigen uns diese Kurven deutlich, daß die Schaftformzahl des einzelnen Stammes in der Jugendzeit sehr groß ist und daß sie nach wenigen Jahren schon ihr Minimum erreicht; sie steigt dann zu einem gewissen Maximum und nimmt von diesem Zeitpunkt an beständig und allmählich ab.

Betrachten wir die in der Tabelle 14 aufgeführten Formzahlreihen der verschiedenen Probeflächen etwas näher, so können wir konstatiren:

1) Daß die Formzahl im Jugendstadium in verschiedener absoluter Höhe des Bestandes große Differenzen zeigt und daß, je größer die absolute Höhe des Standortes ist, desto mehr sozusagen die Kurve zeitlich hinaus verschoben wird, d. h. man kann die Formzahlen erst im höheren Alter berechnen, eben weil das Jugendstadium lange dauert.

2) In der unteren Probefläche liegt ein ziemlich langer Zeitraum zwischen Minimum bis zum Maximum der Formzahlkurven. Bei den oberen Probeflächen ist die Zwischenzeit sehr kurz und kaum merkbar; deshalb scheint die Kurve ununterbrochen und allmählich zu sinken.

3) In der Jugendzeit haben die Bäume in höheren Lagen immer größere Formzahlen, mit zunehmendem Alter sinken sie rasch, während sie für Bäume der tieferen Lagen ganz allmählich abnehmen. In sehr hohem Alter dagegen haben die ersten immer kleinere Formzahlen als die letzten. Es ist selbstverständlich, denn in der Jugendzeit sind die Formzahlen bei den unteren Lagen schon Minima, während sie bei den oberen noch nicht in Betracht kommen. Die Wachsthumsgesetze, die schon früher auseinandergesetzte Vertheilung des Kreisflächenzuwachses bei verschiedenen Höhen machen uns diese Thatsache auch leicht begreiflich. Wenn bei der höchsten Probefläche z. B. das Kreisflächenwachsthum besonders am unteren Schafttheil stattfindet, so muß dementsprechend die Formzahl kleiner werden. Als

Illustration dazu führen wir die Formzahlen der III. Klassenstämme des Fichtenbestandes in Tausendtheilen an:

Probefläche	I	II	III	IV
bei 80 Jahre	464	497	499	787
„ 110 „	508	536	495	513
„ 140 „	501	503	494	443
„ 170 „	500	489	470	384

4) Zum Schluß dieses Abschnittes komme ich auf die Formzahlveränderungen und speziell auf deren Maxima und Minima zu sprechen, ein Thema, das insofern neu sein möchte, als man bisher allgemein angenommen hatte, daß die Schaftformzahlen mit zunehmendem Alter regelmäßig abnehmen.

Es ist leicht erklärlich, daß bei allen Stämmen die Schaftformzahl mit zunehmendem Alter von einem anfänglich hohen Werth sehr schnell zu einem Minimum sinken, dann wieder zu einem Maximum steigen wird, um von da langsam zu sinken, wenn wir berücksichtigen, daß die Formzahl das Verhältniß des wirklichen Bauminhaltes m zum stereometrisch berechneten Inhalte eines Cylinders von gleicher Grundfläche g und von gleicher Scheitelhöhe h ist. Es ist nämlich $f = \frac{m}{gh}$; und die Faktoren dieser Formel verändern sich mit steigendem Alter derart, daß sie uns einen mathematischen Beweis des vorher Behaupteten möglich machen. Im Jugendalter, wenn die Baumhöhe die Brusthöhe noch nicht erreicht hat, und folglich g = 0, müßte, rein theoretisch betrachtet,

$$f = \frac{m}{h o} = \frac{m}{o} = \infty$$

sein; die Formzahl wäre also unendlich groß. Nach Erreichung der Brusthöhe im Jugendstadium bleibt g relativ sehr klein, weil sie bei 1,3 m gemessen wird; m und h haben dagegen relativ große Werthe, folglich fallen die Schaftformzahlen ungewöhnlich hoch aus. Von dieser Jugendperiode nun an wächst h nach der Formel $1 - \frac{1}{1{,}op^x}$ sehr schnell, g nach der Formel px auch schnell, während m nach der Zinseszinsreihe $1{,}op^x - 1$ anfangs sehr langsam zunimmt und klein bleibt. Kurz, nach dem Jugendstadium ist der laufende Zuwachs von g und h nämlich △ g und △ h relativ größer als für m (△ m); es muß also die Formel $\frac{m}{gh}$ eine sehr schnell sinkende Formzahlkurve erzeugen; h . g erreichen zu dieser Zeit ihr Maximum des laufenden Zuwachses; gerade zu diesem Zeitpunkt als eben dieser laufende Zuwachs für m noch nicht Maximum ist, soll ein Minimum der Formzahl stattfinden. Von diesem Moment an nimmt, der obigen Formel entsprechend, der laufende Zuwachs von h . g ab, während er für m noch steigt, folglich ist während dieser Periode $\frac{m}{h \cdot g}$ eine steigende Größe, sie geht vom Minimum zu einem Maximum über. Dies wird erreicht, wenn der laufende Zuwachs von m sein Maximum hat, während der von h . g schon immer sinkt.

Nach dem Maximum der Formzahl sinken also die Werthe von Nenner und Zähler in der Formel, und so äußern sich die Formzahlen in gleich großen oder allmählich kleiner werdenden Werthen, je nach dem Verhältniß vom m zu gh, meistens aber nehmen sie allmählich ab.

Das Verhalten dieser 4 Größen, Formzahl, △ h, △ g und △ m zu einander wird am besten durch eine Zeichnung, wo alle 4 Kurven neben einander stehen, veranschaulicht; auf Fig. 9 stehen sie für III. Fichtenklassenstamm der I. Probefläche gezeichnet.

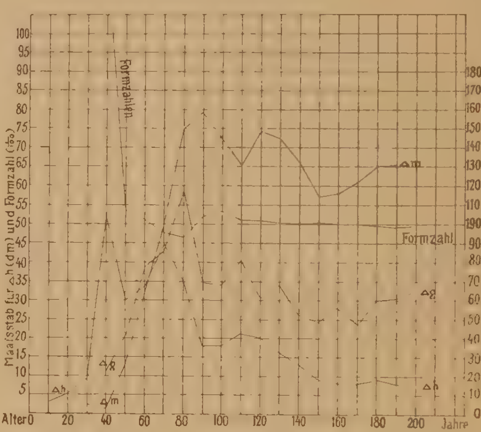


Fig. 9. Verlauf der Formzahlen im Vergleich zu jenem des laufenden Zuwachses der Höhen (△ h), der Grundflächen (△ g) und der Masse (△ m).

Daß das Formzahlminimum erst zur Zeit erreicht werden wird, wenn △ h und △ g Maximum sind, das beweisen die Zahlen unserer Tab. 2, 5 und 14 ganz deutlich. Wenigstens steht dieses Minimum in der Nähe des Maximum von △ h und △ g. Umstehendes Beispiel aus den Fichtenklassenstämmen soll dies noch klar machen (siehe Tab. 15 auf S. 15).

Außer den vorstehenden Ergebnissen haben aber auch andere, bisher schon veröffentlichte Untersuchungen über dieses Thema ein analoges Eintreten des Minimums und Maximums der Formzahlen zum Ausdruck gebracht.

Den Beweis glaube ich in der folgenden Bearbeitung der umfangreichen Ergebnisse von Stammanalysen des Herrn Prof. Dr. R. Hartig liefern zu können. Ich stellte zuerst ohne bestimmte Absicht diese Formzahlen zusammen, wie auf Tabelle 16 zu sehen ist; ich merkte aber bald, daß sie meine Behauptungen auf's beste unterstützten.

Tab. 15. Kulminationspunkt der Formzahlen und des laufenden Grundflächen- sowie des Höhenzuwachses bei Fichtenklassenstämmen.

Klassenstamm Nr.	Probefläche I (900—1050 m)			II (1050—1200 m)			III (1200—1350 m)			IV (1350—1500 m)		
	f	Δg	Δh	f	Δg	Δh	f	Δg	Δh	f	Δg	Δh
	Min.	Max.		Min.	Max.		Min.	Max.		Min.	Max.	
I	90	70—120	20—130	70	70—90	50—70	70	80—100	20—120	140	70—200	20—150
II	80	70—80	80—90	100	90—110	80—100	70	50—130	20—130	150	150—160	100—130
III	80	70—110	40—120	70	60—140	40—100	100	70—180	40—110	110	150	100
IV	50	50—110	50—60	100	—	50—120	80	110	30—100	—	—	—

Ich schicke eine kleine Erklärung der in der Tabelle 16 vorkommenden Größen voraus. Unter **A** sind die Formzahlen zusammengestellt von dem II. Klassenstamm eines 140jährigen Fichtenbestandes auf ziemlich tiefgründigem Grauwackenboden des Harzes in etwa 1800 Pariser Fuß Höhe im Revier Braunlage, Forstort Schultthal (siehe Seite 30 von Prof. Dr. Hartig's „Rentabilität der Fichtennutzholzwirthschaft rc.", Stuttgart 1868).

Unter B: Formzahlen des I. Klassenstammes eines 143—148jährigen Rothbuchenbestandes auf buntem Sandstein bei 455 m Höhe, im Spessart, Revier Rothenbuch, Forstort Pfaffenheister (Siehe Seite 19 der „Vergleichenden Untersuchungen über den Wachsthumsgang und Ertrag der Rothbuche und Eiche im Spessart rc.," Stuttgart 1865, vom gleichen Autor.)

Unter C: II. Klassenstamm eines 145 jährigen Tannenbestandes auf tiefgründigem lehmigen Sandboden des Schwarzwaldes, Revier Schwann, Abtheilung: Hagelwald, aus Seite 63 des vorigen Werkes herausgenommen.

Die zwei letzten eingeklammerten Formzahlen von B stören scheinbar die Richtigkeit unsres Gesetzes;

Tab. 16.
Schaftformzahlen der Klassenstämme Rob. Hartig's.

Alter	A Fichten im Harz	B Buchen im Spessart	C Tannen im Schwarzwald	D Fichten (Guttenberg)
15	936	—	—	644
20	546	485	—	542
25	**498**	—	—	503
30	500	480	967	**490**
35	616	—	—	505
40	636	480	510	514
45	670	—	—	518
50	**679**	475	416	-
55	650	—	—	—
60	630	**438**	434	
65	632	—	—	—
70	635	445	473	—
80	632	468	504	—
90	618	471	515	—
100	580	**486**	512	—
110	546	485	517	—
120	551	483	519	—
130	515	483	**523**	—
140	520	(499)	507	—
145	—	(504)	511	—

allein es waren ganz abnorme Stämme, denn trotzdem ihr Alter große Unterschiede (130, 140, 145) aufwies, hatten sie genau die gleiche Höhe. Alle sonstigen Stämme dieses Bestandes zeigen im Gegentheil noch einem deutlichen Höhzuwachs.

Alle 3 Klassenstämme A, B, C zeigen genau denselben Formzahlengang wie diejenigen, die ich untersuchte; die Minima und die Maxima, die in der Tabelle durch Fettdruck hervorgehoben sind, treten ganz deutlich hervor.

Auch Prof. v. Guttenberg liefert uns einen ähnlichen Beweis für unsere Behauptung. In seiner Holzmeßkunde im „Handbuch der Forstwissenschaft", Tübingen 1887 II. Band, sind beispielweise auf Seite 215 die Resultate einer Stammanalyse der Fichte tabellarisch dargestellt (Spalte D unsrer Tabelle 16).

Wegen des zu jungen Alters des untersuchten Baumes ist das Maximum der Formzahlen noch nicht erreicht worden; ein Minimum dagegen ist entschieden bei 30 Jahren nachzuweisen und von diesem Alter an steigen die Formzahlen.

Daraus glaube ich schließen zu dürfen, daß der Gang der Schaft-Formzahlen mit dem Alter in allen Gegenden und für alle Holzarten derselbe bleibt.

Diese Resultate über die Formzahlen einzelner Bäume einmal festgestellt, können wir zu den B e s t a n d s f o r m z a h l e n übergehen, die für die Aufstellung von Ertragstafeln wichtig sind. Vermutlich wird der Verlauf der Bestandsformzahlkurven im Großen denselben Gang haben oder mindestens einen analogen wie bei einzelnen Stämmen. Ein Minimum und ein Maximum werden auch nachzuweisen sein.

Nachdem wir wissen, daß im Walde das Individuum einen eigenen Formzuwachs hat, sollte man vermuthen, daß auch der Bestandsformzuwachs denselben Charakter trage, da er ein geometrisches Mittel aus jenem der Individuen ist. Wenn aber ein Bestand aus mehreren Holzarten von verschiedenem Alter zusammengesetzt ist und wenn die Wuchskraft der einzelnen Individuen stark wechselt, so ist es möglich, daß der Gang der Bestandsformzahlen von dem der einzelnen Stämme abweichen wird, es werden das Minimum und Maxi-

mum etwas verschwommen auftreten. Es ist auch leicht denkbar, denn die Formzahlen der verschiedenen Stämme werden ihr Minimum und Maximum zu verschiedenen Zeiten erreichen. Bei einem Stamm wird die Formzahl das Maximum schon überschritten haben, während sie bei einem anderen zum Minimum noch nicht angelangt ist. In diesem Fall werden die Minima und Maxima also sich ausgleichen, jedenfalls bedeutend abgeschwächt zu tage treten.

Stellen wir uns dagegen einen gleichaltrigen, einheitlichen Bestand vor, wie sie im modernen Forstbetrieb ziemlich allgemein sind. Hier werden unsre Bestandsformzahlen wenigstens einen analogen Verlauf zeigen wie bei einzelnen Stämmen, da in diesem Fall unterdrücktes Material oder sonstige Ungleichheiten fast keine Rolle spielen. Es kommt hierbei fast nur der dominirende Bestand in Betracht d. h. Bäume mit fast gleich hoher Krone ungefähr von demselben Alter, welche das Minimum und Maximum der Formzahl fast gleichzeitig erreichen.

Mathematisch läßt sich meine Behauptung auch beweisen:

Wie bekannt berechnen wir die Bestands-Formzahl F nach der Formel $F = \frac{M}{GH}$, wo M die Masse des Holzvorrathes eines ha xjährigen Bestandes, G dessen Stammgrundflächensumme in 1,3 m Höhe, H dessen mittlere Bestandshöhe bedeuten. Der Formzahlverlauf des Bestandes ist deshalb vom Verhältniß dieser 3 Faktoren M, G, H zu einander abhängig. Herr Prof. Dr Weber hat in seinem Lehrbuch der „Forsteinrichtung" die theoretische Formel für den Wachsthumsgang aller 3 Größen mit den Resultaten zahlreicher praktischer Untersuchungen zum Beispiel mit den Ertragstafeln, erprobt und als vollständig richtig gefunden. Allerdings sind sie nur nach dem Jugendstadium geltend, es sind:

$$H = h_{max}\left(1 - \frac{1}{1{,}op^x}\right) = h \text{ (da H = Höhe der mittleren einzelnen Musterstämme).}$$

$$G = \frac{1}{2}\,\frac{p^2x}{1{,}op^x} \quad \left(\text{im 2. Stadium } G = \frac{1}{2}\,\frac{p^2x}{1{,}op^{\frac{x}{2}}}\right)$$

$$M = 100\,p^3\left(1 - \frac{1}{1{,}op^x}\right)$$

(Im Jugendstadium $M = 1{,}op^x - 1$)

Betrachten wir zuerst den Bestand kurz nach der Entstehung, also im ersten Jugendstadium, wo die obigen Formeln noch nicht gelten. Die Formel $\frac{M}{GH}$ lehrt uns, daß zu dieser Zeit die Formzahlen unendlich groß sein sollen, weil G = Null bleibt, solange die Pflanze nicht 1,3 m hoch ist. Ist diese Höhe erreicht, so bleibt G doch verhältnißmäßig sehr klein, F behält einen noch hohen Werth, trotzdem sie allmählig sinkt. Nach wenigen Jahren aber wächst G nach der Formel $\frac{p^{2x}}{1{,}op^x}\cdot{}^1\!/\!_2$ sehr schnell, ebenso H nach Formel $1 - \frac{1}{1{,}op^x}$; beide Größen erreichen sofort das Maximum des laufenden Zuwachses ($\triangle G$. $\triangle H$), wenn man den weiteren Verlauf nach der obigen Formel betrachtet. Daß das Jugendstadium für M länger angenommen werden muß als für G und H, wurde von Prof. Dr. Weber aus zahlreichen praktischen Beispielen festgestellt; z. B. bei der Weißtanne im Femelschlagbetrieb wurde es auf gutem Boden = 25 Jahre und auf schlechtem Boden bis zu 60 Jahre ermittelt; für Fichte gewöhnlich 15—20 Jahre, im Femelschlagbetrieb bis 35 (Seite 235).

Das **Jugendstadium** für G fand er bei Fichten und Buchen = 10 Jahre, bei Weißtannen im Durchschnitt 15 Jahre (Seite 232). Das von H ist eigentlich nicht angegeben, wohl aber das von h, welches den Höhenzuwachs des Musterstammes bedeutet. Für h ist das Jugendstadium bei Lichtholzarten nur noch 3—5 Jahren, bei Schattholzarten von 10—25 Jahren (Seite 152).

Während G und H ihr Maximum erreichen, steht M noch im Jugendstadium und wächst nach der Zinseszinsreihe $1{,}op^x - 1$ noch langsam. In diesem Moment soll die Formzahl durch ein Minimum passieren. Von da an werden $\triangle G$ und $\triangle H$ der Formel nach immer kleiner, während M erst recht zu steigen anfängt. Folge davon ist der steigende Verlauf der Formzahlen. Zuletzt wächst M nach der Formel $100p^3\left(1 - \frac{1}{1{,}op^x}\right)$ und sogleich findet das Maximum von $\triangle M$ statt, während $\triangle G$ und $\triangle H$ immer noch kleiner werden; in diesem Moment, wo M sein Maximum erreicht, wird dann auch die Formzahl ihr Maximum haben. Von nun an wachsen alle 3 Faktoren mit den bereits oben aufgestellten Formeln, die man also in der Formel $F = \frac{M}{GH}$ einsetzen kann, nämlich:

$$F = \frac{100p^3}{\frac{1}{2}\cdot\frac{p^2x}{1{,}op^x}} = \frac{200p\,1{,}op^x}{x}$$

Letzte Formel zeigt ganz deutlich, daß die Bestandesformzahlen **nach** dem Maximum mit zunehmendem Alter regelmäßig kleiner werden müssen.

Wenn diese meine Vermuthung richtig wäre, so sollte sie durch die Resultate der Praxis bewiesen werden. Leider war es mir unmöglich, dies auszuführen und ich muß einstweilen darauf verzichten. Meine Bestandsformzahlen, wie sie in Tabelle I berechnet sind, beziehen sich nur auf den jeweils ältesten d. h. den Weiserbestand einer jeden Höhenlage, ich theile deshalb

diese Ergebnisse angeordnet nach Holzarten und Meereshöhe in folgender kleinen Tabelle 17 mit.

Tab. 17. Bestandesformzahlen (in Tausend-Teilen)

Probefläche	Holzarten: Fichten: Alter	Schaft- Formzahl	Baum- Formzahl	Buchen: Alter	Schaft- Formzahl	Baum- Formzahl	in ganzen Fichten, Buchen, Tannen, Ahorn: Alter	Schaft- Formzahl	Baum- Formzahl
I 900—1050 m	190	499	521	171	517	569	187	492	517
II 1050—1200 m	171	482	514	148	407	451	165	472	505
III 1200—1350 m	180	459	502	181	(413)	446	178	446	488
IV 1350—1500 m	202	402	444	170	(512)	(670)	196	441	501

Daraus entnehmen wir:

1) Die Fichtenbestandsformzahlen nehmen mit steigender absoluter Höhe ab. Dies ist leicht erklärlich, wenn man berücksichtigt, daß für die einzelnen Bäume im hohen Alter der Brusthöhendurchmesserzuwachs mit steigender Höhe immer größer wird, es sollen also die Formzahlen kleiner werden.

2) Desgleichen für die Buche bei Probefläche I und II. Dagegen zeigen uns III und IV genau das Gegentheil, das heißt eine Zunahme der Formzahl mit Zunahme der absoluten Höhe. Der Grund liegt wahrscheinlich darin, daß in diesen Versuchsflächen die Buche mehr gruppenweise wächst, folglich haben wir vorwiegend Bäume von dem Typus der unterdrückten Stammklassen mit schwacher Basis und mehr walzenförmiger Gestalt.

3) **Die durchschnittliche Formzahl des ganzen Bestandes (Fichte, Buche, Tanne, Ahorne) nimmt mit steigender absoluter Höhe ab.**

Hier muß vor dem Fehler gewarnt werden, den man oft begeht, daß man die absolute Höhe und die Bonitätsklassen als gleichbedeutend betrachtet. Bei den Bonitätsklassen haben wir gesehen, daß, je schlechter die Bonität, desto größer die Bestandsformzahl ist. (Beweis hierfür sind die Tafeln von Prof. Dr. Schwappach und Schuberg u. A. m.) Aus meinen Untersuchungen geht hervor, daß die Höhen- und Massenzuwachsabnahme bei steigender absoluter Höhe wie bei Bonitätsverminderungen gleichen Schritt halten; aber die Formzahlen waren ganz im Gegentheil in den höheren Lagen kleiner als in den milderen Tieflagen.

Wir wissen, daß die Bonitätsklassen keinen Einfluß auf den Quotienten $\frac{M}{G} = H \,.\, F$ üben (nach Prof. Schuberg).

Also bleiben Masse und Grundflächensumme proportional, was aber bei verschiedenen absoluten Höhen nach meinen Untersuchungen (siehe Abschnitt Formzuwachs) nicht der Fall ist. Deshalb sind die Formzahlveränderungen infolge steigender absoluter Höhe ganz anders als bei Bonitätsveränderungen.

Bezüglich der Maxima und Minima von Bestandesformzahlen im Zusammenhange mit dem Bestandesalter hat Herr Prof. Dr. R. Hartig in seiner umfangreichen Arbeit „Rentabilität der Fichtennutzholz- und Buchenbrennholzwirthschaft im Harze und Wesergebirge, Stuttgart, 1868" eine Reihe von Untersuchungen wirklich ausgeführt, er betrachtete aber das Resultat als abnorm. In seiner ersten Abtheilung über Fichtennutzholzwirthschaft sehen wir in der Tabelle, 18 A Seite 44, daß auf der ersten Bonität bei 30 Jahren ein Minimum der Formzahl vorhanden ist, es steigt dann die Formzahl bis zum Jahre 35, wo das Maximum stattfindet, und sinkt dann allmählig. Auf dem II. Standort ebenso: Minimum bei 28 Jahren und Maximum bei 40 Jahren; dann sinkt die Kurve. Dies betrachtete er aber als Unregelmäßigkeiten, deßhalb sonderte er alle diese sogenannten abnormen Zahlen aus und stellte folgende Tabelle 18 B auf zum Beweis dafür, daß die Formzahl mit zunehmendem Alter regelmäßig abnimmt.

Tab. 18.

Alter	Schaftformzahl bei $4^1/_2$ Fuß: A: I. Bonität	A: II. Bonität	B: I. Bonität	B: II. Bonität
17	0,76	—	—	—
20	—	—	0,70	0,70
27	0,54	—	—	—
28	—	0,53	—	—
30	0,53	—	0,54	0,54
35	0,54	—	—	—
35	0,56	—	—	—
37	—	0,54	—	—
40	0,55	—	0,54	0,54
40	0,53	0,55	—	—
47	0,50	—	—	—
50	—	—	0,50	0,52
53	0,50	—	—	—
55	—	0,52	—	—
59	0,50	—	—	—
60	(0,48)	—	0,50	0,52
62	—	0,51	—	—
70	0,49	0,50	—	—
70	0,48	—	0,49	0,51
77	(0,44)	—	—	—
80	—	0,51	0,49	0,51
90	—	—	0,48	0,50
96	0,46	—	—	—
97	0,48	0,48	—	—
100	—	—	0,48	0,49
105	—	0,49	—	—
110	0,48	—	0,48	0,49
122	—	(0,45)	—	0,49
140	—	0,47	—	0,48
140	—	0,50	—	0,48

Doch bekräftigt Herr Prof. Hartig meine Behauptung in einem späteren Abschnitt desselben Buches, allerdings in indirekter Weise. Es heißt nämlich Seite 143 der II. Abtheilung über Buchenbrennholzwirthschaft nach der Tabelle 19: „Die Formzahlen, welche im frühesten Alter am höchsten sind, sinken bis zum etwa 50 jährigen Alter auf die geringste Höhe, um sich im späteren Alter ebenfalls wieder zu heben.“ Von einem Minimum und Maximum der Bestandsformzahlen ist also noch nicht die Rede; folgende Zahlen aber, die ich aus seiner Tabelle herausnahm, mögen beweisen, daß auch die Untersuchungen Prof. R. Hartig's meine Vermuthung unterstützten.

Tab. 19.

Alter	Schaftformzahl I. Bonität	Schaftformzahl II. Bonität	Baumformzahl I. Bonität	Baumformzahl II. Bonität
18	0,56	—	0,72	—
23	—	0,62	—	0,91
30	0,45	—	0,57	—
38	—	0,48	—	0,65
42	0,46	—	0,54	—
50	—	0,46	—	0,55
53	0,45	—	0,55	—
58	0,45	—	0,54	—
65	—	0,47	—	0,59
73	0,45	—	0,56	—
77	—	0,48	—	0,59
85	—	0,47	—	0,56
90	0,44	—	0,57	—
100	0,47	—	0,58	—

B. Resultate für die ganzen Bestände.

a. Mittlere Bestandshöhen.

Zahlreiche Scheitelhöhen wurden mit dem Preßler'schen Meßknecht gemessen und zwar mehrere für jede Stärkestufe, wobei in jeder Probefläche zwischen Laub- und Nadelholz unterschieden wurde. Die unmittelbaren Messungsergebnisse wurden zur Interpolirung auf graphischem Wege nach Grundstärken angeordnet, woraus ich die mittleren Höhenkurven konstruiren konnte; dieselben zeigen deutlich die Abnahme der Höhe mit steigender absoluter Höhe, allein sie können des Raumes wegen nicht abgedruckt werden. Im Folgendem sind beispielsweise einige dieser Höhen für die verschiedenen Stärkestufen zusammengestellt:

	Probefläche I	II	III	IV	
	Nadelholz				
bei 20 cm Stärke	23,4	17,9	12,3	8,5	m
„ 40 „ „	37,7	28,5	19,9	17,7	„
„ 60 „ „	40,5	32,3	25,7	22,4	„
	Laubholz				
„ 10 „ „	8,2	7,5	5 1	3,7	„
„ 20 „ „	19,9	18,1	14,2	9,5	„
„ 40 „ „	27,8	25,3	18,9	12,6	„

Auffallend ist beim Nadelholz die regelmäßige Abnahme der Baumhöhe von I—IV. Man sieht daraus, daß beim Laubholz der Unterschied der Höhe in I und II kein so ausgesprochener ist, wie zwischen III und IV, und II und III. Es rührt offenbar davon her, daß das Laubholz in den tiefer gelegenen Probeflächen vom hochstämmigen Nadelholz geschützt war und daß der Schluß noch befriedigend ist, während oben die Bäume mehr vereinzelt wachsen.

Die gegenwärtigen durchschnittlichen Bestandshöhen stehen alle in der Tab. 1 eingetragen. Zur leichteren Uebersichtlichkeit habe ich sie abgesondert und neben den durchschnittlichen Bestandesaltern in folgender Tabelle zusammengestellt:

Tab. 20. Bestandeshöhe.

Probefläche	Fichten Bestandesalter Jahre	Fichten Bestandeshöhe m	Buchen Bestandesalter Jahre	Buchen Bestandeshöhe m	Tannen Bestandesalter Jahre	Tannen Bestandeshöhe m	Ahorn Bestandesalter Jahre	Ahorn Bestandeshöhe m	Im ganzen Bestandesalter Jahre	Im ganzen Bestandeshöhe m
I 900—1050 m	190	37,99	171	22,93	185	27,29	135	22,60	187	35,20
II 1050—1200 m	171	28,40	148	19,51	185	23,60	135	19,40	165	25,67
III 1200—1350 m	180	18,61	181	14,21	195	11,60	125	10,80	178	16,63
IV 1350—1500 m	202	18,05	170	8,67	180	10,60	—	—	196	14,78

b. Stammzahl.

Nachdem Forstrath Schuberg durch seine Untersuchungen im Schwarzwald die Gesetzmäßigkeit der Stammzahlzunahme mit der Meereshöhe des Standortes nachgewiesen hatte, so hatte es für mich besonderes Interesse, den Gang der Stammzahl in den 4 Probeflächen zu verfolgen, da sie in verschiedenen absoluten Höhen liegen. Aus der Tabelle 13 sehen wir nun, daß

Probefläche I 496 frische und 46 dürre, zusammen 542 Stämme zählt,
Probefläche II 716 frische und 84 dürre, zusammen 800 Stämme zählt,
Probefläche III 828 frische und 232 dürre, zusammen 1060 Stämme zählt,
Probefläche IV 996 frische und 76 dürre, zusammen 1070 Stämme zählt.

Also nimmt die Stammzahl mit steigender absoluter Höhe auch in diesen Alpenforsten zu. Diese Erscheinung ist nicht schwierig zu erklären, wenn man sich vergegenwärtigt, daß die durchschnittliche Sommertemperatur und die Vegetationsdauer mit der Meereshöhe stark abnehmen; in Folge dessen wirkt die Höhenlage in vielen Hinsichten ähnlich wie die Lage unter hohen Breitengraden hemmend auf die Assimilation und die Massenentwicklung der Pflanzen ein.

Mit der sinkenden Wuchskraft ist aber die Vergrößerung des Standraumes der Einzelpflanze eine sehr langsame und der Verdrängungsprozeß dauert daher viel länger, als im milden Klima, wo einem raschen Entwicklungsgange der Pflanzen auch eine beschleunigte Bestandesreinigung entspricht. Es gibt diese Tabelle die Anzahl dürrer Stämme auch an; und wir sehen, daß es mehr solcher sind in der III. und II. als in der I. Die Anzahl dürrer Stämme in diesen älteren Beständen nimmt bis zu einem gewissen Grade mit steigender Höhe zu.

Die Mittheilung der von mir angefertigten und der staatswirthschaftlichen Fakultät der Universität München vorgelegten Tabelle, welche die Vertheilung der Stammzahlen jeder Probeflächen, ausgeschieden nach Holzarten auf die einzelnen Durchmesserklassen, angiebt, muß ihres großen Umfangs wegen ungedruckt bleiben, doch wäre nachfolgender kurzer Auszug daraus geeignet, eine annähernde Vorstellung über die Vertretung der Stammklassen auf den Probeflächen der verschiedenen Höhenlagen zu geben. Wenn auch hierin manche Zufälligkeit in der wirthschaftlichen Behandlung und in der Einwirkung von Elementarschäden mitgewirkt haben mag, so scheinen mir doch einige Thatsachen eine allgemeinere Bedeutung zu haben und eine gewisse Gesetzmäßigkeit anzudeuten, die ich mir im Nachstehenden zu erörtern erlaube:

Die Stammzahl ist ein Maximum bei
Probefläche I bei 30 cm Stärke
" II " 20 " "
" III " 14 " "
" IV " 6 " "

Daraus geht von selbst hervor, daß das Maximum der Stammzahl bei steigender Höhe von einer höheren Stärkestufe regelmäßig in eine kleinere verlegt wird. Um dies noch klarer zu machen, habe ich nachstehend für jede Probefläche den prozentischen Antheil jeder um 10 cm größeren Stärkestufe dargestellt.

Tab. 21.

Stärkestufe	Probefläche I 900—1050 m		II 1050—1200 m		III 1200—1350 m		IV 1300—1500 m	
cm	Stammzahl	%	Stammzahl	%	Stammzahl	%	Stammzahl	%
unter 10	20	4,03	84	11,73	184	22,21	696	69,90
11—20	86	17,34	242	33,80	278	33,58	160	16,07
21—30	150	30,23	170	23,77	248	29,96	48	4,82
31—40	130	26,21	102	14,23	96	11,59	28	2,81
41—50	82	16,54	80	11,17	22	2,66	14	1,40
51—60	24	4,84	36	5,02	—	—	28	2,80
über 60	4	0,81	2	0,28	—	—	22	2,20
im Ganzen	496	100,00	716	100,00	828	100,00	996	100,00

Bei Probefläche I zählen die Stufen 20—40 cm 56,4 % der Stammzahl; zwischen 50—60 cm sind noch 16,5 %. Und man sieht leicht, daß dieses Verhältniß bei den anderen ein wesentlich verschiedenes ist, sind ja bei Probefläche IV 69,9 % unter 20 cm stark. (Die abweichenden Prozentsätze der stärkeren Stufen bei IV sind nicht zu berücksichtigen, denn wie schon gesagt, ist das Alter hier viel größer.) Fassen wir alles dies zusammen, so kann man sagen: Je größer die absolute Höhe über dem Meer ist, desto größer die Anzahl der kleineren Stämme und um so kleiner die Anzahl der großen.

c. Bestandes-Grundflächensumme.

Um die Bestandes-Grundflächensumme in den verschiedenen Höhenlagen zu betrachten, habe ich auf Tabelle 22 die Grundflächen nach Stärkestufen von 10 cm zusammengestellt. Die Grundflächensumme pro Hektar betrug in Quadratmetern auf

Probefläche I 43,5496 qm
„ II 46,7262 „
„ III 32,2278 „
„ IV 28,5973 „

Wir sehen also, daß Probefläche II eine größere Grundflächensumme aufweist, als Probefläche I, während diese Summe bei III und IV regelmäßig abnimmt. Das Mehr zu Gunsten der Probefläche II erklären wir uns folgendermaßen: Wie schon in der Beschreibung der Probeflächen gesagt wurde, ist das Laubholz in Probefläche II stärker vertreten als in I (aus der Stammzahlentabelle entnehmen wir, daß in I 332 Stämme Nadelholz und 164 Laubholz, auf II 312 Nadelholz und 404 Laubholz vorhanden sind.)

Tab. 22.

Stärkestufe cm	Probefläche I 900 - 1050 m		Probefläche II 1050—1200 m		Probefläche III 1200—1350 m		Probefläche IV 1350--1500 m	
	Grundfl.-Summe qm	%	Grundfl.-Summe qm	%	Grundfl.-Summe qm	%	Grundfl.-Summe qm	%
unter 10	0,1402	0,32	0,5805	1,25	1,0731	3,32	1,8933	6,62
11--20	2,0326	4,71	5,2955	11,33	5,7826	17,97	2,9517	10,30
21—30	8,3022	19,05	8,6079	18,43	12,3934	38,44	2,5852	9,05
31—40	13,0853	30,01	10,2020	21,84	9,5399	29,60	2,6045	9,11
41—50	13,1356	30,20	13,0307	27,85	3,4388	10,67	2,1751	7,60
51—60	5,6065	12,85	8,3254	17,83	—	—	6,7065	23,44
über 60	1,2472	2,86	0.6842	1,47	—	—	9,6810	33,88
im Ganzen	43,5496	100,00	46,7262	100,00	32,2278	100,00	28,5973	100,00

Zur Erklärung des Unterschiedes zwischen der Grundfläche von I und II kommt noch der Umstand hinzu, daß bei I in Folge der günstigen Absatzverhältnisse wahrscheinlich für Wegebau und sonstige Reparaturen hier und da unterdrückte Stangen oder wenig werthvolle Stämme abgehauen werden; und solche Stämme beeinflussen die Grundflächensummen bedeutend, trotzdem ihre Holzmasse gering ist.

Die Grundflächensumme bei verschiedener Höhenlage ist eigentlich für die Bonität nicht maßgebend. In unserm Fall haben wir: 1) bei steigender Höhe verhältnißmäßig mehr Laubholz, folglich eine größere G, 2) es wird bei derselben Holzart die Baumhöhe beim Steigen immer kleiner, 3) es nimmt mit steigender, absoluter Höhe der Kreisflächenzuwachs vom oberen Theil des Schaftes nach unten zu, kurz die Form des Schaftes ändert sich, deshalb muß die obere Probefläche eine verhältnißmäßig größere Grundflächensumme aufweisen, obgleich sie ein und dieselbe Holzmasse liefert. Dies steht also fest, daß bei verschiedenen Höhenlagen Bonität und Grundflächensumme nicht proportional bleiben, oder daß aus der Grundflächensumme kein Schluß für die absolute Höhe gezogen werden kann.

Da die Grundfläche jeder Stärkeklasse für die Sortirung des Holzes doch ziemlich maßgebend ist, so habe ich auch diese graphisch dargestellt und eine Mittellinie gezogen. Daraus war zu ersehen, daß bei Probefläche I der größte Theil der Grundfläche auf die Stärkeklassen zwischen 26—56 cm entfällt, in II zwischen 20—56 cm, bei III zwischen 18—40 cm. Bei diesen 3 Probeflächen bewegt sich das Maximum mit steigender Höhe von rechts nach links, d. h. das Maximum der Grundflächensumme wird mit steigender Höhe immer auf die kleineren Stärkestufen verschoben. Bei IV bleibt die Kurve die ganze Zeit fast eine gerade Linie.

d. Ganze Holzmasse des Bestandes.

Hier können wir uns kurz fassen, denn alle genaueren Angaben stehen in der Erfahrungstafel und zwar gesondert nach Holzarten und Probeflächen.

Die Summe für jede Probefläche ist folgende:

		Schaftholz	Schaft- mit Astholz
Probefläche	I	754,9462 cbm	793,2489 cbm
„	II	567,2865 „	607,5214 „
„	III	231,4251 „	254,9018 „
„	IV	188,1178 „	213,8526 „

Also nimmt die Bestandsholzmasse mit steigender Höhe regelmäßig ab.

Da die einzelnen Stämme in den oberen Lagen, wie schon gesagt wurde, stärker belastet sind, so muß die Astholzmasse des Bestandes auch verhältnißmäßig größer sein. Aus den obigen Zahlen habe ich nun das Verhältniß des Astholzes zum Schaftholz prozentisch ausgedrückt:

Bei Probefl. I 5,21 %
„ II 7,08 „
„ III 10,17 „
„ IV 14,05 „

Dadurch ist bewiesen, daß die Astholzmenge mit steigender Höhe zunimmt.

Der kürzeste Ausdruck für die Gesammtwirkung aller Standortsfaktoren ist bekanntlich der Durchschnittszuwachs pro Flächeneinheit und Jahr, derselbe berechnet sich aus der Tabelle 1 folgendermaßen.

		Schaftholz	Schaft mit Astholz
Probefl.	I	4,04 = 100	4,24 = 100
„	II	3,44 = 85,1	3,68 = 86,9
„	III	1,30 = 32,2	1,43 = 33,7
„	IV	0,96 = 23,8	1,09 = 25,7

Kurze Zusammenfassung der Untersuchungsresultate.

Mit der Zunahme der absoluten Meereshöhe des Standortes treten folgende Veränderungen in den Zuwachs-Erscheinungen ein:

A. Für den einzelnen Baum.

1. Der Höhenzuwachs des Baumes wird regelmäßig und deutlich kleiner.
2. Der Grundstärkezuwachs wird nicht so bedeutend kleiner, wie der Höhenzuwachs.
3. Der Massenzuwachs nimmt allmählig ab.
4. Das Jugendstadium in den obigen drei Wachsthums-Richtungen wird immer größer.
5. Die Schaftform nähert sich von der Zylinderform mehr der Neiloidform.
6. Die Zuwachsvertheilung auf die einzelnen Baumtheile nimmt am Baumschafte von oben nach unten verhältnißmäßig zu.
7. Die Brusthöhenschaftformzahl nimmt ab.
8. Die Baumkronenbildung rückt immer tiefer herab und nähert sich dem Boden.
9. Die Reisigholzmasse nimmt zu.

B. Für den ganzen Bestand:

10. Die Stammzahl nimmt zu, während
11. Die Zahl der stärkeren Stammklassen abnimmt.
12. Die mittlere Bestandshöhe nimmt ab.
13. Die Stammgrundflächensumme nimmt nicht so auffallend ab, wie die Bestandshöhe, aber sie gehört verhältnißmäßig weit mehr zu der geringen Stärkenstufe.
14. Die Schaft- und Brennholzmasse nimmt deutlich ab, folglich nimmt der Haubarkeitdurchschnittszuwachs auffallend ab.
15. Die Astholzmasse des Bestandes nimmt zu.
16. Die Bäume wachsen immer mehr gruppenweise zusammen.

Sonstige Resultate.

1. Die Schaftformzahl des einzelnen Stammes ist in der Jugendzeit eine sehr große und erreicht nach wenigen Jahren ihr Minimum; sie steigt dann zu einem gewissen Maximum und nimmt von diesem Zeitpunkt an allmählich ab.
2. Bestandsschaft- und Baumformzahlen verändern sich vermuthlich mit dem Alter in analoger Weise wie die Schaftformzahlen der Einzelbäume.

G. Otto's Hof-Buchdruckerei in Darmstadt.